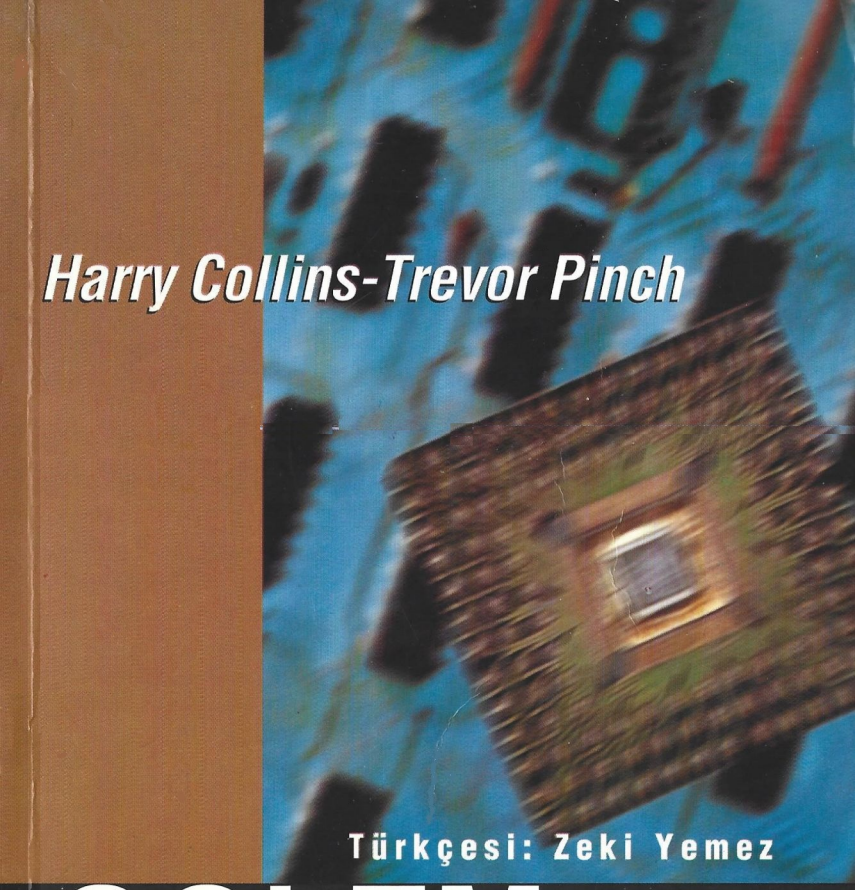


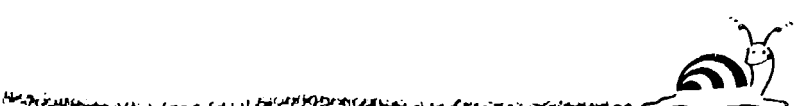
Harry Collins-Trevor Pinch

Türkçesi: Zeki Yemez

GOLEM

Bilim Hakkında Bilmemiz Gereken Her Şey

sarmal YAYINEVİ



The Golem - Canto ,1994

Yazarı
Harry Collins - Trevor Pinch

Türkçesi
Zeki Yemez

Birinci Basım
Ağustos 1997

Kesim Ajans 1997
Türkçe Yayım Hakları Sarmal Yayınevine Aittir

Kapak Tasarımı
İnci Batuk

Baskı
Kayhan Matbaacılık
Cilt
Yalçın Mücellithanesi

SARMAL YAYINEVİ
Babıali Cad. Pak Han No: 16/4 Cağaloğlu - İstanbul
Tel:(0 212) 522 45 78 - 512 70 20
Faks: (0212) 522 45 78

Harry Collins - Trevor Pinch

GOLEM

Bilim Hakkında Bilmemiz Gereken Her Şey

Türkcesi : Zeki Yemez

Harry Collins, Sosyoloji Profesörü ve Bath Üniversitesi Bilimsel Çalışmalar Merkezi Direktörü

Trevor Pinch, Cornell Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Çalışmaları Departmanı'nda Yardımcı Profesör

Çevirmen çeviriye olan katkıları nedeniyle **Yücel Yemez**'e teşekkürü bir borç bilir.

İÇİNDEKİLER

Sonraki Baskılara Önsöz.....9

Önsöz ve Teşekkür.....11

Giriş: Golem.....15

I. Yenebilir Bilgi: Belleğin Kimyasal Aktarımı.....19

II. Görecelik Kuramını 'Kanıtlayan' İki Deney.....45

III. Test Tübündeki Güneş:
Soğuk Füzyonun Öyküsü.....79

IV. Tartışmalı Bir Konu, Mikroorganizmalar:
Louis Pasteur ve Yaşamın Kaynakları.....105

V. Evrende Yeni bir Pencere:
Kütleçekimsel Işınımın Saptanamaması.....119

VI. Kamçı Kuyruklu Kertenkelenin Cinsel Yaşamı.....141

VII. Güneşin Kalbine Bir Yolculuk:
Kayıp Solar Nötrinoların Tuhaf Öyküsü.....153

Sonuç: Golemi İşe Koşmak.....175

Kaynakça ve Okunması Sağlık Verilen Kitaplar.....188

Golem'in bize sunduğu, mantıktan çok hüner işi olan, yanılabilir ve düzensiz bir bilim görüntüsüdür. Bunu yaparken, görecelik kuramı gibi bazıları ünlü, bazıları ise pek tanınmayan bir dizi deneyi incelemektedir. Herbir durumda, bilimsel kesinliklerin deneysel yöntemden çok, sonuçların muğlak yorumlanmasından kaynaklandığını göstermektedir.

Bilimi anlatmak için, yazarlar bilimi gözler önüne sermektedirler. Okuyucular göreceliğin, güneşin merkezinin, kozmik güçlerin, solucanlar ile sıçanların beyinlerinin, mikroorganizmaların keşfinin, soğuk füzyonun ve kertenkelelerin cinsel yaşamlarının bilimi üzerine pek az, deneylerin gerçekte nasıl yapıldığı ile bilimsel sonuçlara nasıl ulaşıldığı gibi bilimin kendisi üzerine çok şey öğrenmeye hazır olmalıdırlar. Canalıcı öneme sahip olduğu söylenen deneylerin bile, kaçınılmaz bir şekilde yanılabilir oldukları gösterilmektedir.

SIDNEY COLLINS'*in anısına*

ve

JOAN PINCH *için*

Sonraki Baskılara Önsöz

Golem ilk yayınlanmasından bu yana geçen kısa sürede, birçok eleştiri aldı. Bu bize, yanlış anlaşılmaya yol açabilecek bazı hususları açıklığa kavuşturma fırsatı sağladı. *Golem*, hergün bütün dünyada laboratuvarlarda yapılan normal bilimin istatistiksel bir tablosunu sunmak amacını taşımaktadır. Tam tersine, çoğu bilim tartışma dışıdır (controversial). Bu yüzden, okucuyu *bilimadamlarının* biliminin günlük yaşamıyla tanıştırmak için, kitap pek uygun olmayacaktır; ortalama bir bilimadamı, burada sunmak istediğimiz heyecanın bir benzerini şahsen yaşadığı için şanslı (ya da belki de şanssız) sayılabilir. Buna rağmen, diyoruz ki, bir vatandaşın *vatandaş olarak* anlaması gereken tartışmalı bilimdir. Eleştirmenlerden biri "politik kararların tartışmasız bilimselliğe sahip bilimsel yanları olduğunu düşünmek çok kolaydır" diyor ve Huntingdon hastalığının önceden belirlenmesini sağlayan bir testin geliştirilmesiyle uğraşan tıbbi kuruluşlar üzerindeki (buna benzer bir) yarattığı sonucu örnek olarak sunuyor. Fakat eğer bilim tartışmasızsa, neden bu tıbbi kuruluşları işletenlerin, bu sonuçlara varan bilimin derin doğasını anlamaya gereksinimleri var? Eğer test tartışmasız geçerliyse, testin nasıl yapılması gerektiği konusundaki uzlaşmaya nasıl varıldığını bilmeksizin, birtakım kararlar alınabilir. Böylece eleştirmenlerimize kitabın önemi, bilgilendiriciliği ve stili üzerine olan bol eleştirileri nedeniyle teşekkür ederken, "Teknolojik toplumun demokratik süreçlerinde yeralmak isteyen vatandaşların, bilim üzerine bilme-

leri gereken herşey tartışmalıdır" savımızda ısrar ediyoruz. Bu amaca yönelik olarak Golem, bilimi gayet güzel temsil etmektedir.

Kitap öncelikle sokaktaki vatandaşa yönelik olmasına rağmen, kitapta da açıkladığımız gibi, bilimadamlarının bilimadamları olarak, Golem'den çıkarabilecekleri üç ders vardır. İlk olarak, araştırmaya yeni başlayan biri, örneğin bir doktora öğrencisi, bu sayfalarda ortaya konan deneylerin düzensizliğine hazırlıklı olmalıdır; bu evrensel bir fenomendir. İkincisi, bilimsel kariyerini bilimin soğuk, kişisellikten uzak, otomat kesinliği nedeniyle bırakmak isteyebilecek olanlar, yine de onun, aynı sanatta ve sosyal bilimlerde olduğu gibi, sıcak, gündelik, heyecanlı, tartışmaya açık karakterini keşfetmekle rahatlayabilirler. Üçüncüsü, popüler okuyucu kitlesine seslenmek üzere kendilerini ve konularını tanrıyla karşılaştırmak gibi, bugünlerde bilimadamlarında görülen şanssız bir eğilim vardır. Çıkarılacak son ders, bilimin bir Tanrı'dan az, bir golemden ise fazlaca birşey olduğudur.

Bath Üniversitesi
Cornell Üniversitesi
Ocak 1994

Önsöz ve Teşekkür

Bu kitap, bilimin gerçekten nasıl işlediğini ve uzmanlara ne kadar otorite bahşetmek gerektiğini bilmek isteyen okuyucuya, okulda ya da üniversitede bilim okuyan öğrenciye ve bilim tarihi, felsefesi veya sosyolojisi konusunda bir çalışmanın en başında olanlara yazılmıştır. Özetle bu kitap, teknoloji toplumunda yaşayan vatandaşlar içindir. Bu kitap profesyonel tarihçilerin ve toplumbilimcilerin çalışmalarını, daha genel bir okuyucu kitlesine seslenecek hale getirmiştir. Her bir bölüm kaynakları itibariyle farklıdır. Bazıları bizim kendi çalışmalarımıza, bazılarıysa, bilim tarihinde ve sosyolojisinde geçmişe dönük olmayan (nonretrospective) bir yaklaşım benimsemiş kitap ve makalelerden seçerek okuduklarımıza dayanmaktadır. İkinci durumda ek bilgi için yazarların kendilerine başvurduk ve zaman zaman arşivleri kaynak olarak kullandık. Bilimi temsil edecek örnek-olayları seçerken eldeki malzemeyle kısıtlı kaldık. Fakat, verili şartlar altında, iki türlü yol izleyerek kapsayıcı olmaya çalıştık. Yaşam bilimlerinden ve fiziksel bilimlerden seçmeler yaparken, bilimin tanınmış örneklerine olduğu kadar, kimilerinin kötü bilim olarak nitelendireceği daha az nitelikli olanlarına da yer verdik. Bunu böyle yapmamızın nedeni, bizim ilgi alanımız dahilinde, bilimin ister tanınmış olsun ister tanınmamış, ister büyük olsun, ister küçük, ister kalıcı olsun, ister geçici, hep aynı olduğunu göstermekti.

5. Bölümdeki kütleçekimsel dalgalar ve 7. Bölümdeki solar-nötrinolar konuları, bilimsel bilginin sosyolojisi alanındaki kendi orijinal saha çalışmalarımıza dayanmaktadır. Bu bölümlerde yer verdiğimiz tırnak işareti içindeki alıntılar, aksi belirtilmediği sürece, sözkonusu alanlardaki belli başlı bilimadamlarıyla gerçekleştirdiğimiz görüşmelerdir. Kütleçekimsel ışınım (gravitational radiation) araştırmasıyla ilgili olan görüşmeler, Collins tarafından 1972 ve 1975 yılları arasında yapılmıştır. Pinch solar-nötrino araştırmacılarıyla 1970'li yılların ikinci yarısında görüşmüştür. Bu çalışmaların ayrıntıları, Collins'in *"Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice"* ve Pinch'in *"Confronting Nature: The Sociology of Solar-Neutrino Detection"* adlı yapıtlarında bulunmaktadır.

Bellek aktarımı konusundaki 1. Bölüm, David Travis'in Collins'le birlikte Bath Üniversitesi'nde tamamladığı *"Memories and Molecules"* başlıklı doktora tezine dayanmaktadır. Travis, bu bölümün ilk taslaklarını okuyarak ayrıntılı bir eleştiri yapma olanağı bulmuştur.

Geri kalan bölümlerde, daha dolaylı kaynaklardan yararlanılmıştır. Soğuk füzyon üzerine olan 3. Bölüm, Pinch'in okuduğu iki kitaba dayanmaktadır: Frank Close, *"Too Hot to Handle: The Race for Cold Fusion"* ve Eugene Mallove, *"Fire from Ice: Searching for the Truth Behind the Cold Fusion Furore"*. Pinch bundan başka Thomas Gieryn'in *"The Ballad of Pons ve Fleischmann: Experiment and Narrative in the (Un)making of Cold Fusion"* ve Bruce Lewenstein'ın *"Cold Fusion and Hot History"* adlı makaleleriyle, Cornell Üniversitesi'ndeki Soğuk Füzyon Arşivleri'ne başvurmuştur.

2. Bölüm için Collins Lloyd Swenson'ın *"The Ethereal Aether: A History of the Michelson-Morley-Miller Aether-Drift Experiments, 1880-1930"* adlı kitabı ve bir dizi makaleyi kullanmıştır. Bunların içerisinde Dayton Miller'ın 1933 yılındaki yayını *"The Ether Drift Experiment and the Determination of the Absolute Motion of the Earth"*, John Earman ve Clark Glymour'un *"Relativitiy and Eclipses: The British Eclipse Expeditions of 1919 and their Predecessors"* ve H. Von Kluber'in, *"The Determination of Einstein's Light Deflection in the*

Gravitational Field of the Sun" sayılabilir. Collins aynı zamanda Klaus Hentschel'le mektuplaşarak onun yardımını almıştır. 4. Bölüm için Collins, Rene Dufos'nun *"Louis Pasteur: Freelance of Science"* kitabından ve John Farley ve Gerald Geison'un *"Science Politics and Spontanenous Generation in Nineteenth-Century France: the Pasteur Pouchet Debate"* adlı makalesinden yararlanmıştır. (Bu bölümdeki alıntılar Farley ve Geison'ın makalesinin, Collins tarafından yayına hazırlanan *"The Sociology of Scientific Knowledge: A Sourcebook"* adlı yeni baskısına dayanmaktadır.) Collins bundan başka *Dictionary of Scientific Biography* ile Pasteur ve Pouchet'nin bazı orijinal makalelerine başvurmuştur.

Kertenkelelerin cinsel yaşamı konulu 6. Bölüm için Pinch, Greg Myers'in *"Writing Biology:Texts in the Social Construction of Scientific Knowledge"* kitabından yararlanmıştır.

Sonuç bölümü Collins'in kitabı *Changing Order*'ın son bölümüne ve Paul Atkinson ve Sarah Delamont'un *'Mock-ups and Cock-ups:The Stage Management of Guided Discovery Instruction'* ve Collins'le Shapin'in *'Experiment, Science Teaching and the New History and Sociology of Science'* adlı yapıtlarına dayanmaktadır.

Yukarıda adı geçen bütün çalışmaların tam listesi Kaynakça'da yer almaktadır.

Yardım ve öğütleri için David Travis, Lloyd Swenson, Clark Glymour, Klaus Hentschel, Bruce Lewenstein, Gerry Geison, Peter Dear, Pearce Williams, david Crews, Peter Taylor, Shelia Jasonoff, Grey Myers, Paul Atkinson, frank Close, Eugene Mallove, Sarah Delamont ve Steven Shapin'e teşekkürlerimizi sunarız. Profesyonel çalışmalarını kendi dilimize çevirirken ve bulgularını kendimizce yorumlarken düştüğümüz hataların sorumlusu onlar değillerdir.

Giriş:

Golem

Bilim bize ne hepten iyi, ne de hepten kötü görünür. Bazıları için bilim, kötülerin bilgisizliğin zaferi üstünde yeni bir baskıcı düzen kurmak için yolunu gözledikleri, gizemli inançlarla kuşatılmış bir haçlı şövalyesidir. Diğerleri içinse o düşmandır; bizim nazik gezegenimiz, sağduyumuz, şiirsel ve güzel olandır ve kârdan başka bir amaç gütmeyen kapitalistlerin denetimindeki teknoloji bürokratlarınca -kültürün karşısavı- taciz edilmektedir.

Bazıları için bilim, tarımsal kendi kendine yeterlilik, sakatlar için tedavi olanakları ve küresel bir iletişim ağı sağlar; diğerleri içinse savaş silahları, düşen uzay gemisinin içindeki okul öğretmeninin yanarak ölümü ya da sessiz, sinsi, kemik zehirlenmesi, Çernobil'den başka bir şey değildir.

Bilim üzerine bu her iki düşünce de yanlış ve tehlikelidir. Bilim ne bir şövalye ne de insanların tekerlekleri altına atılarak can verdikleri o acımasız Hint tanrısıdır. Peki öyleyse bilim nedir? Biz bilimi goleme benzeteceğiz.

Golem yahudi mitolojisinde var olan insana benzer bir yaratıktır. İnsan tarafından çeşitli büyülerin yardımıyla balçık ve sudan yaratıl-

mıştır. Çok kuvvetlidir ve her geçen gün gücüne güç katar. O emirlerinizi dinleyecek, işinizi yapacak ve sizi tehdit eden her türlü düşmandan koruyacaktır. Yalnız biraz beceriksiz ve tehlikelidir. Eğer denetimden çıkarsa golem efendilerini sihirli değneğiyle yokedebilir.

Golem değişik efsanelerde değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Bazılarında korkunç bir şeytanken, Doğu Avrupa Yahudilerinin konuştuğu Almanca-Yahudice kırması bir dil olan Yidiş dilinde, ne kendi gücünü, ne de beceriksizliğinin ve bilgisizliğinin derecesini bilebilen kaba saba, aptal bir yaratık olarak belirir. Collins'in büyükannesi içinse golem, eğer bahçenin çapalanması ve bu sırada çocukların üstlerinin başlarının temiz kalması gerekiyorsa çok işe yarayabilir. Böylesi bir golem acımasız bir şeytan değil, olsa olsa kaba, gürültücü bir dev olabilir.

Biz golemi burada bilim yerine kullanmak amacında olduğumuz için, balçıktan yapılmış olan bu yaratığın, ortaçağ geleneğinde gerçek, onun alnına kazılmış olan gerçek anlamına gelen İbranice "EMETH" sözcüğünden türetildiğini söylemeden geçemeyeceğiz. Onu eyleme yönelten doğrunun (truth) kendisidir, ama bu onun doğrunun anladığı anlamına gelmez; tersine ondan çok uzaktır.

Bu kitabın temel düşüncesi bilim olan golemi anlatmaktır. Biz onun şeytansı bir yaratık değil de, aksine küçük bir kaçık olduğunu göstermek istiyoruz. Bilim Golem yanlışları yüzünden suçlanamaz, onlar bizim yanlışlarımızdır. O yapabileceğinin en iyisini yapmadı diye de suçlanamaz. Ondan daha fazlasını beklememeliyiz. Bir golem güçlü olabilir, ama sonuçta bizim yaratıcılığımızın ve gücümüzün eseridir.

Bu kitap oldukça anlaşılır bir dilde yazılmıştır. Biz Bilim Golem'in ne olduğunu göstermek için, pek duyulmadık bir şey yapacağız; bilimi, bilimsel yöntemi elimizden geldiğince az yansıtarak ortaya koyacağız. Bilimin bazıları çok bilinen, bazıları ise bilinmeyen olgularına bakacağız ve oralarda neler olduğunu söyleyeceğiz. Soğuk füzyon öyküsünde olduğu gibi konuların yöntemlerinden çok, insani yönlerini ele alacağız. Sonuçlar şaşırtıcı olacak, çünkü bilim düşüncesi öyle çok

felsefi çözümlemelere, söylencelere, kuramlara, evliya tezkerelerine, içi boş gösterişe, kahramanlık öykülerine, boş inançlara, korkuya ve en önemlisi kusursuzluğa bulanmıştır ki, orada gerçekten ne olduğu bilimsel çevrelerin dışında hiçbir zaman konuşulmamıştır.

İki şeyi öğrenmeye hazırlanın. Bize göreceliği, güneşi ve evrensel güçleri, fareler ve solucanların beynini, mikropların keşfini, soğuk füzyonu ve kertenkelelerin cinsel yaşamını anlatan *bilimden* biraz, bize o koca devi, sevmeyi öğretecek bilimden ise *çokça* öğrenmeye bakın .

Bu kitabın sonunda, size ne öğrendiğinizi ve Bilim Golem'i kullandığınızda bunun ne gibi etkilerinin olacağını söyleyeceğiz. Bu kitabın asıl içeriği, birden yediye kadar olan bölümlerde örnek-olay incelemeleri (case studies) şeklinde verilmesidir. Her bölüm kendi içinde bir bütünlük oluşturur ve bölümler istenilen sırada okunabilir. Hatta sonuç bölümü bile tüm bölümler okunmadan okunabilir, ancak bu, olguların tartışması yapılmadan okuyucuyu ikna edici olmayacaktır. Sonuç bölümünün başta, sonda ya da nerede okunacağını biz bilemeyiz, buna ancak okuyucunun kendisi karar verebilir.

Bilimsel sürecin açık bir çözümlemesine pek girişmedik. Yine de her bölümde bazı ortak noktalar göze çarpmakta. Bunlardan en önemlisi 5. bölümde değinilen "deneycinin çıkmazı" konusu. Burada deneylerle ilgili sorun, deneylerin uzmanlarca yapılmadıkça size pek bir şey ifade etmemeleri ve tartışmalı (controversial) bir bilim dalında, yeterlik ölçütleri üzerinde varılmış tam bir anlaşmanın olmamasıdır. Bu yüzden tartışmalarda sürekli olarak, araştırmacıların yalnız sonuçlara değil, birbirlerinin çalışmalarının niteliğine de itiraz ettiklerini görüyoruz. Bu da deneylerin kesinliğine gölge düşürüp, araştırmacıları çıkmaza sokmakta. Bu konularda daha ayrıntılı bilgilere gereksinim duyan okurlarımız, Collins ve Pinch'in "Önsöz ve Açıklamalar" bölümünde adları verilen yapıtlarına başvurabilirler. Burada bilinmesi gereken, teknoloji toplumunun demokratik sürecinde yer almak isteyen herkesin öğrenmesi gereken bilimin aslında tartışmaya açık, diğer bir deyişle deneycinin çıkmazlarıyla karşı karşıya olduğudur.

Vardığımız sonuçlar bazılarına hoş görünmeyebilir, ama öyle de

olsalar açıklamalarımızın kendi açılarından ilginç ve bilgilendirici olduklarını düşünüyoruz. Her ele alınan konu güzel bilimsel bir çalışmadan kesitler sunuyor. Doğaldır ki, burada güzel olan felsefecinin bileyici taşının özenle parlatılmış yüzeyinden çok, henüz işlenmemiş elmasının parıltısıdır.

I

Yenebilir Bilgi : Belleğin Kimyasal Aktarımı

Giriş

Belleğimiz bizi hep büyüleyegelmiştir; hemen hemen herkes belleğinin biraz daha iyi olmasını arzu eder. Bir tiyatro oyununun metnini ya da çarpım tablosunu ezberlemek kaçındığımız işlerin başındadır. Bilgelik adını verdiğimiz, deneyimlerimizin yavaş yavaş artması, bütün yaşam boyunca anıların (bellek bilgileri) birer birer birikmesinden başka birşey değildir. Eğer belleğimizi doğrudan doğruya başkalarına aktarabilseydik, önceki zamanlardan gelen yaratıcı yeteneklerimizi kullanır, herşeye yeni baştan başlamak zorunda kalmazdık.

1950'li yılların sonu ve 1970'lilerin ortaları arasında, sanki birgün belleğimizi her zamanki çabalara gerek duymaksızın oluşturmanın mümkün olabileceği düşüncesi belirmeye başladı. Bu James V. McConnell ve sonraları George Ungar'ın solucanlarda ve sıçanlarda belleğin kimyasal aktarımı konusunda yaptıkları deneyler sonrasında oldu. Belleğimiz moleküller içinde kodlanmış ise, ilke olarak *Sheakespeare'in Tüm Eserleri* 'ni belleğe aktarmak bir hap yutarak, çarpım tablosunu ezberlemek damara yapılan bir iğneyle ya da bir yabancı dili

akıcı konuşabilmek onu deri altına yerleştirerek mümkün olabilecekti. Böylelikle 'sözlüğü yutmak' kavramına da bütünüyle yeni bir anlam yüklenecekti. McConnell ve Ungar, belleğin bir hayvandan diğerine aktarılabilecek kimyasal maddelerin içinde saklı olduğunu gösterdiklerine inanmışlardı. Belleğimizdeki bilgilere karşılık gelen maddelerin, bir canlının beyninden çıkarılıp diğerine, ona yararlı olacak şekilde verilebileceğini, sergilediklerini sanıyorlardı. Örneğin bir canlıya, (bir oluk içerisinde) besine ulaşmak için sağa ya da sola mı dönmek gerektiği gibi yeni bir şey öğretildiğinde, ikinci canlı herhangi bir eğitim almaksızın -ya da en azından, aksi takdirde alması gerekenden daha az bir eğitimle- bunu bilebilecekti. Diğer bir deyişle ikinci canlı, bellek bilgisine karşılık gelen bir maddenin avantajına sahip olmayan başka bir canlıyla karşılaştığında, işe en azından nasıl başlaması gerektiğini biliyor olacaktı.

Solucanlar

İlk deneyler bir tür yassı solucan olan planarya üzerinde McConnell tarafından gerçekleştirilmiştir. McConnell solucanları, ışık altında büzülmelerini sağlayacak şekilde eğitmiştir. Su dulu bir teknenin dibinde yüzdükleri sırada parlak bir ışık yakmış ve hemen arkasından vücutlarını yay gibi eğmelerine ve büzmelerine yol açacak hafif bir elektrik şoku vermiştir. En sonunda solucanlar ışıkla şoku özdeştirmeyi öğrenmişler ve her ışık yanışında, şok olsa da olmasa da büzülme tepkisini vermeye başlamışlardır. Işığa bu şekilde tepki gösteren solucanları McConnell "eğitilmiş" solucanlar olarak kaydetmiştir. McConnell deneylerini şöyle anlatmaktadır:

> "Plastikten yapılmış 12 inç (yaklaşık 30 cm) uzunluğunda, arakesiti yarım çember olan, göl suyu ile dolu bir tekne düşünün. Her iki uçta güç kaynaklarına bağlanmış pirinç elektrotlar ve tekne hemen üstünde de iki elektrik ampulü asılı olsun. Tekne içinde bir solucan ileri geri sürünüyor ve

deney aletinin önünde de deneyci, gözlerini solucandan ayırmadan, elleri de iki elektrik düğmesinin üzerinde oturuyor. Solucan teknenin içinde, bir doğru üzerinde düzgün hareket halindeyken, deneyci ışığı üç saniye süresince yakıyor ve ışığı yaktıktan iki saniye sonra suya bir saniye süren elektrik şoku veriyor. Bu şok solucanların büzülmesine, kısalmasına neden oluyor. Deneyci, ışığın gelmesinden sonraki iki saniye içinde -henüz şok başlamamışken- solucanların davranışını kaydediyor. Eğer hayvan şokun uygulamasından önce belirgin bir dönme hareketi veya kısalma gösteriyorsa, bu "doğru" ya da "şartlı" tepki olarak kaydediliyor." (McConnell, 1962, s. 42)

Burada her şey oldukça basit görünmesine rağmen, olayı en başından ayrıntılı bir biçimde ele almakta fayda var. Solucanlar rahatsız edilmeseler bile, vücutlarını zaman zaman büzer ve başlarını çevirirler. Parlak ışık da buna dahil olmak üzere birçok dış uyarana (stimuli) bağlı olarak büzülürler. Solucanları eğitmek için McConnell öncelikle, solucanların farkedebilecekleri, ama rahatsız olup daha şok verilmeden karşısında büzülmeyecekleri ışık parlaklığını bulmalıydı. Solucan davranışı hem zaman içerisinde, hem de solucandan solucana değişiklik gösterdiğinden, burada kendimizi birden hiçbir belirsizliğe yer vermeyen evet ve hayırların dünyasından istatistik dünyasına geçivermiş buluyoruz. İşin kötüsü, şok eğitiminin etkisini gösterebilmesi, şok verildiği sırada solucanın henüz büzülmemiş olmasına bağlıdır. Önceden büzülmüş olan bir solucana, bu durumda ışığa ve şoka gösterebileceği bir tepki kalmaz, yani solucan eğitiminde dış uyaranın varlığında bile hiçbir ilerleme sağlanamaz. Demek ki solucanları iyi eğitebilmek için onları iyi gözlemlemek, uyaranı sakin sakin yüzdükleri bir anda devreye sokmak gerekir. Solucan eğitiminin bütün bu yönleri, McConnell ve yardımcılarının zamanla edindikleri bir bilgi ve beceriyi zorunlu kılar. McConnell 1950'li yıllarda, deneylerine ilk başladığı günlerde, bizim "eşleme" (pairing) diye adlandıracağımız ışık ve hemen arkasından uygulanan şokla eğitilmiş 150 solucanın % 45'inin ışığa gösterdik-

leri tepki sonucu büzüldüklerini saptamıştı. Kendisinin ve yardımcılarının artık iyice deneyim kazanmış oldukları 1960'larda ise, aynı sayıdaki eşlemenin %90 oranında ışığa tepki yarattığını buldular.

1950'li yılların ortasında McConnell eğitilmiş solucanları ikiye bölmeyi denedi. Planaryanın özelliği, kendisini her iki yarımdan da rejenerasyon yoluyla bütüne tamamlayabilmesidir. McConnell beyne sahip olduğu düşünülen ön yarımdan oluşmuş solucanların, öğrendikleri eğitimi unutmuş olup olmadıklarını merak ediyordu. Solucanlar unutmamışlardı, fakat asıl şaşırtıcı olan beyin içermeyen yarımdan oluşmuş solucanların da aynı başarıyı göstermesiydi. Bu alınmış olan eğitimin bir şekilde vücutta dağılmış halde bulunduğunu ve beyinde toplanmadığını gösterdi. Buradan eğitimin kimyasal bir şekilde saklanmış olabileceği düşüncesi ortaya çıktı. McConnell eğitilmiş solucanlardan aldığı parçaları eğitilmemiş olanlara aşılamayı denediyse de bu deneyler fazla başarılı olamadı. Bazı planaryanın yamyam olmasından yararlanan McConnell eğitilmiş solucanların kıyılmış kısımlarını, eğitilmemiş olan kardeşlerine yedirdi ve eğitilmiş et ile beslenmiş olan solucanların, beslenmemiş olanlardan birbuçuk kat daha fazla yalnızca ışığa tepki gösterdiklerini buldu. 1962 yıllarında açıklanan bu deneylerde, belleğin kimyasal yolla *aktarılabileceği* olgusu itici güç olmuştur.

Solucan Deneyleri Konusundaki Argümanlar

Transplantasyon versus Kimyasal Aktarım

Belleğin yada eğitimin kimyasal yollarla aktarılabileceği olgusu uzun süreli bilimsel tartışmalara (controversy) neden olmuştur. Bir karşı argüman eğitimin bir solucandan diğerine aktarımı tezini onaylarken bunun pek büyük bir önem taşımadığını öne sürmüştür. Planaryada memeli hayvanınkinden farklı bir sindirim sistemi bulunur. Solucanın sindirim sistemi besini küçük kimyasal bileşiklere parçalamaktan ziyade, büyük parçalar halinde solucanın vücuduna katar. Diğer bir deyişle, solucanlar bellek maddesini soğurmaktansa, eğitilmiş solucan parçalarını, besin parçacıkları ya da dağıtılmış bellek biçiminde alıyor olabilirler. Bu ilginç bir şey olmasına karşın, belleğin kimyasal bir ol-

gu olmasını gerektirmezdi ve her durumda bizim memelilerdeki bellek olgusunu anlamamıza yardım edecek bir önem taşımazdı. McConnell'ın buna yanıtı bellek maddesi olduğuna inandığı şeye çalışmalarında daha fazla eğilmek oldu. En sonunda, eğitilmiş solucanlardan alınmış RNA'ları diğer solucanlara verdiğinde istediği sonuca ulaştı.

Duyarlılaştırma versus Eğitim

Diğer bir saldırı cephesi de, planaryanın eğitilemeyecek kadar ilkel olduğunu önesüren çok daha basit bir argümana dayanıyordu. Buna göre McConnell solucanları ışığa tepki verecek şekilde eğittiğini sanarak kendini kandırmış ve aslında solucanların bütün dış uyaranlara olan duyarlılığını arttırmaktan başka bir şey yapmamıştı. Eğer solucandan solucana bir madde aktarılmışsa bu bellek taşıyıcısı değil, olsa olsa duyarlılığı arttıran bir maddeydi.

Bu argümana karşı çıkmak zordur, çünkü eğitimin her türlüsünün duyarlılığı arttırıcı etkisi vardır. Eğitim ışığa maruz kalmayı elektrik şokuyla "eşleyerek" yapılmıştır. Duyarlılaştırma hipotezine karşı çıkmanın bir yolu, solucanları aynı sayıda ama rastgele sıralı şoka ve ışık patlamalarına maruz bırakmaktır. Eğer duyarlılaştırma gerçekten ana etken ise, rastgele sıralı ışık ve şoka maruz kalmış solucanlar, uygun bir biçimde oluşturulmuş düzenli dış uyaran eşlemelerine maruz kalanlar kadar ışık altında büzüleceklerdir. Eğer önemli olan duyarlılaştırmadan çok eğitim ise, eğitilmiş solucanlar daha çok başarı göstereceklerdir.

Görüldüğü gibi herşey çok basit gözüküyor. Aslında McConnell ve diğer solucan araştırmacılarının *eğitilmiş* ve *duyarlılaştırılmış* solucanlar arasında belirgin bir fark buldukları doğrudur. Fakat bu etkiyi defalarca sınamak, eğitimin beceri ve deneyim gerektiren bir iş olmasından ötürü oldukça zordur. Yukarıda da açıklandığı gibi, iyi bir eğitim için solucanları yakından gözlemlemek ve onların ne zaman bir eğitim artışı sağlayacak şok için hazır ve gerekli sakinlikte olduklarını anlayabilmek gerekir. Değişik eğitmenler, deneyleri aynen tekrarlasalar bile uyguladıkları eğitimden çok farklı sonuçlar elde edebilirler.

İstenen sonuçlara ulaşılamamasını yetersiz bir eğitim tekniğinin, örneğin solucanları anlamadaki yetersizliğinin sonucu olduğunu savlamak bize kötü bir gerekçeymiş (*ad hoc excuse*) gibi görünüyor. Sadece belirli uzmanların iyi sonuçlar alabilecek kadar solucanlardan anladıklarını söylemek hiç de bilimsel sayılmaz. Eleştirmenler yalnız bazı "elleri yatkın" kimselerin iyi sonuçlar elde edebilecekleri savının ortaya atılmasını, birşeylerin iyi gitmediğinin doğrudan (*prima facie*) belirtisi olarak görürler. Bilim tarihi elleri yatkın sanılan birçok deneycinin, sonradan bir şarlatan olduğunun ortaya çıkmasının örnekleriyle doludur. Bununla beraber laboratuvarlarda titiz ölçmeleri ile göze çarpan bazı çok yetenekli deneycilerin varlığının yaygın kabul gördüğünü belirtmek gerekir. Örneğin bizim bioassay adını vereceğimiz, farmakoloji alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntem vardır. Bu yöntemde bir ilacın varlığı ya da miktarı, bir canlıda veya bütün organizmalarda gösterdiği etkisi ile belirlenir. Solucanlar ve sıçanlardaki değişik beyin kesip çıkarma (extraction) işlemlerinin etkisinin ölçülmesi, bir aktarma deneyinden çok, bir bioassay olarak da görülebilir. Bundan başka bioassay, çok fazla beceri ve deneyim gerektirmesinden dolayı, bir araştırmacı ekibinden diğerine "aktarımı" zor olan bir tekniktir. Bu nedenle gerçekten yetenekli deneycileri, işini el yordamıyla yürütenlerden ayırabilmek, bu alanda çok önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden şarlatanlık yakıştırmaları her zaman uygun olmayabilir.

Böylelikle McConnell ve karşıtları arasındaki tartışma, 1964 yılında *Animal Behaviour* adlı derginin bilimde tartışmalar konusuna ayrılmış özel ekinin yayınlanmasıyla doruğa ulaşarak sürüp gitti. Bugün ulaşılan noktada kimin galip geldiğini söylemek zordur, fakat McConnell'ın solucan eğitiminin özel bir bilgi ve beceri gerektirdiği yolundaki savının daha çok kabul görmeye başladığı söylenebilir.

Yanıltıcı Değişkenler ve Deneylerin Sınanabilirliği

Duyarlılaştırma (sensitisation) ve eleştirmenlerce işaret edilen daha birçok etken deneylerde zihinleri bulandırıcı bir rol oynamaktadır. Örneğin solucanlar (planarya) sürünürlerken arkalarında sümüksü bir sıvı

bırakırlar. Hareketli solucanlar da kendilerinden önceki solucanların bu sıvıyı bulaştırmış oldukları yerlere doğru yüzmeyi tercih ederler. Herhangi bir eğitimden geçmemiş solucan iki yöne çatallanan bir tekne içerisinde, doğal olarak bu sıvının bulaşmış olduğu yolları seçer. Eğer aynı tekne eğitim yeri olarak kullanılmışsa, seçilen yol, solucanların bir önceki eğitimde en sık kullandıkları yol olacaktır. Böylelikle eğitilmemiş solucanlar eğitilmiş kardeşlerini herhangi bir maddenin onlara verilmiş olmasından değil, arkalarında bıraktıkları sümüksü sıvı nedeniyle izleyeceklerdir. Hatta tek bir solucanın tercihini sağa dönüşlerden yana kullanmasının nedeni, öğrenilmiş bir tepki değil, sümüksü sıvıyla kendi oluşturduğu yol olabilir.

Bu bir kez saptandığında birçok çözüm yolu akla gelir. Örneğin tekneleri, -temizleme işlemi her zaman yeterli olmasa bile- her deneyden sonra temizleme yoluna gidilebilir ya da her defasında yeni tekne kullanılabilir. Eleştiri yönelten araştırmacılardan biri tamamiyle temizlenmiş küvetlerde hiçbir öğrenme belirtisi görülmediğini ortaya çıkardı. McConnell ise, bu konuda yaptığı sonraki araştırmaların ışığında, solucanların temiz ortamlarda doğru dürüst eğitilemeyeceğini savladı. Solucanların, sümük sıvısından arındırılıp kendilerine yabancılaştırılan ortamlarda mutsuz olacağını, aşırı temizliğin deneylerin sağlıklı yapılmasını önleyeceğini ileri sürdü. McConnell ve karşıtlarının sümük sıvısının etkileri konusundaki anlaşmazlığının mahiyeti kolaylıkla zihinlerde canlandırılabilir.

En sonunda görüş ayrılığının bu bölümü, en azından McConnell'ı tatmin edecek bir biçimde, eğitim yerinin asıl deneylerde kullanılmayan solucanlarla, önceden sümük sıvısıyla sıvanması yoluyla çözüme kavuştu. Bu sayede deney ortamı, belli bir davranış biçimine yol açmayacak şekilde deneklere uygun hale getirildi.

Bütün bu anlaşmazlıklar çok zaman alır ve herhangi bir anda neyin açıklığa kavuşmuş olduğu hiçbir zaman tam belli değildir. Bu, deneylerin mantığının açık ve basit göründüğü zamanlarda bile, hâlâ tartışmalara devam edilmesinin nedenlerinden biridir. Her deneyin çok fazla sayıda deneme ve istatistiksel analiz gerektirdiğini aklımızdan çıkar-

mamalıyız. Sonuçlar çoğunlukla o kadar az tatmin edicidir ki, bazen neyin kanıtlanmış olduğu sorusu bile yanıtlanmamış olarak kalır.

McConnell'ın sonuçlarının başkalarınca sınanabilirliği, deneyde rol oynayan değişkenlerin ne olduğu konusunda görüş birliğinin olmasına bağlıdır. Biz McConnell'ın bakış açısıyla, solucanları anlamanın ve becerikli ellere teslim etmenin ne kadar gerekli olduğunu tartıştık. Onun kendi laboratuvarında, "solucan bakıcılarının" deneyimli bir bilimadamı eşliğindeki eğitimini, haftalar süren bir alıştırma dönemi izliyordu. Solucanları fazla zorlamamak, "iteleyip kakalamamak" çok önemliydi. Kendisi bu durumu şöyle açıklıyor:

> "Onlara yumuşak hatta sevgiyle yaklaşmak gerekiyor... görünen odur ki, bir laboratuvardan diğerine farklılık gösteren başarı oranı -en azından kısmen- araştırmacıların kişilik özelliklerine ve önceki deneyimlerine bağlıdır." (McConnell, 1965, s. 26)

Görüldüğü gibi, karşıtlarının gözünden bakarsak bu, McConnell'ın deneylerinin apaçık bir biçimde sınanabilir olmamasının gerekçelerinden biridir. Sümük sıvısının etkisi, hem yandaşlarının hem de karşıtlarının kendilerine özgü değişik biçimlerde ifade ettiği bir diğer değişkendi.

Bilimsel bir tartışma geliştikçe, deneyleri etkileyebilecek birçok başka değişken daha ortaya çıkar. McConnell'ın yandaşları için bunlar, daha çok deneyimsizlerin deneylerde çektikleri zorlukların nedenleri, karşıtları içinse, ilk (original) bulguların başkalarınca tekrarlanamadığı durumlarda kullanılan gerekçelerdi.

Solucan deneylerinde değişik zamanlarda, deney sonuçlarının farklılık göstermelerine etki eden 70 kadar değişken saptandı. Bunların içinde solucanların türleri ve boyutları; deney dışı zamanlardaki barınma şartları (örneğin ortamın ışıklı ya da ışıksız olması); beslenme biçimleri; eğitim sıklığı; suyun sıcaklığı ve kimyasal bileşimi; ışık şidde-

ti, rengi ve süresi; elektrik şokunun niteliği, dalga biçimi, gücü, işareti vs.; solucanların beslenme saatleri; deneylerin hangi mevsim ve saatlerde yapıldığı; hatta hava basıncı, ayın dönemleri, kullanılan teknelerin deney sırasında dünyanın manyetik alanına göre konumları sayılabilir. Bütün bunlar karşılıklı suçlamaların sürüp gitmesi için çok fazla malzeme sağladı. Olası değişkenlerin sayısının artması demek, bir deneyin bir diğerinin şartlarını gerçekten sağlayıp sağlamadığı konusunda hüküm vermenin zorlaşması demekti.

Worm Runner's Digest

McConnell alışılmış bir bilimadamı değildi. İnsanların neye inanmaya hazır oldukları sadece araştırmacının ne bulduğuna değil, aynı zamanda sunduğu işin başkalarında yarattığa izlenime de bağlıdır. McConnell bilimsel geleneklere fazla bağlı bir insan değildi ve bu ona pek yarar sağlamadı. Onun alışılmadık etkinliklerinden birisi de 1959 yılında *Worm Runner's Digest* (Solucan Bakıcısının Dergisi) adlı bir dergi çıkarmasıydı. Onun, solucan araştırmaları yüzünden aldığı çok fazla sayıdaki mektupla başa çıkmanın bir yolu olduğunu söylediği bu dergide, aynı zamanda çizgi-roman ve bilimsel muziplikler de yayınlanmaktaydı.

Sanki çok kolay deneylermiş gibi görünmeleri, ironiktir, solucan deneylerinin zararına oldu. Lise öğrencileri de dahil olmak üzere birçok araştırmacı, aktarım deneylerini kendi başlarına gerçekleştirmeye kalktılar. Yine bu lise öğrencileri McConnell'ı mektuplara boğarak, ondan deneyler hakkında bilgi ve açıklamalar istediler. McConnell onlara *Worm Runner's Digest* adlı bir sayfalık haber dergisi çıkararak yanıt verdi.

Birtakım lise öğrencilerinin deneylerinizi tekrarlamaları, çalışmalarınızın *ciddiyetine* gölge düşürebileceğinden pek hoş bir şey olmayabilir. Daha da kötüsü bu, iyi ve ciddi bilimsel çalışmaların gelişigüzel yapılmış olanlardan ayırtedilmesini zor hale getirir. Eğer çalışmanızın ciddiye alınmasını istiyorsanız "gır gır" bir haber bülteni çıkarmak hiç de akıllıca birşey değildir.

1967 yılında bu dergi, arkalı önlü iki sayfa basılmak üzere iki bölüm halinde yayınlanmaya başlandı. Arka sayfa *The Journal of Biological Psychology* (Biyolojik Psikoloji Dergisi) adını aldı ve bilimsel hakemler gözetimindeki yayınlara ayrılarak daha geleneksel bir yol tutturuldu. Bununla amaçlanan daha ciddi çalışmaları arka sayfaya koyarken, gırgır *magazin* haberlerini ön sayfaya yerleştirmekti. (Burada dergi ile, kendini her iki yarımdan da bütüne tamamlayabilen solucanlar arasındaki benzerliğe dikkatinizi çekmek isteriz. Acaba hangi yarım beyni içeriyordu?) *Journal of Biological Psychology* hakemlerce seçilmiş yazılara yer vermesine karşın hiçbir zaman bilimsel bir derginin saygınlığına ulaşamadı. Bu zaten, her sayıda ancak arka sayfasını bilimsel geleneğe açan *Worm Runner's Digest* ile mümkün olamazdı. Bu magazin, bilimsel dergi karışımı yayında McConnell'ın çalışmaları basılınca bilimadamları bunları hangi kefeye koyacaklarını bilemediler. Bu yayınların sadece McConnell'ın rüştünü henüz ispat edememiş dergisinde çıkmış olması, çalışmaları ciddiye almamak için -buna zaten baştan niyetli- bir eleştirmene iyi bir neden sağlıyordu. Bilimsel savların rekabetinde bunların nasıl sunulduğu, en az içerikleri kadar önemlidir. Bilimsel çevreler törenlere ve garip geleneklere sahiptir. Semboller değişebilir, yaldızlı ve gösterişli kraliyet armaları yerlerini, Einstein'ın dağınık saçları ya da Feynman'ın kullandığı Brooklyn aksanına bırakabilir. Ama bilimsel uygunluk ve gariplik arasındaki ayrım kesindir ve bu ayrımı görebilmek herkesin harcı değildir. McConnell'ın yaptıklarının çoğu bu çizginin yanlış tarafında kalmıştır.

Solucanlar Üzerine Olan Tartışmaların Sonu

1960'lı yılların ortalarında tam McConnell solucanların eğitilebileceğini, ya da en azından aktarım olgusunun var olduğunu göstermeye hazırlandığı sırada, bu konuda ortaya atılmış karşı savlar önemini yitirmeye başladı. Bu, memelilerde aktarım olgusunun varolabileceğini önesüren birtakım araştırmaların sonucuydu.

McConnell'ı keskin bir dille eleştirenlerden bazıları solucanların eğitilebileceğini toptan reddederken, bazıları ise bunun henüz tam ka-

nıtlanamamış olduğunu savlıyorlardı. Ancak eğitime yönelen şiddetli eleştrilerin aktarım olgusunca harekete geçirildiğinden emin olmalıyız. Sıçanlarda ve farelerde aktarımın mümkün olduğunun açıkça gösterilmesiyle, solucanlarda öğrenme olgusuna yapılmış olan itirazlar geçerliliğini kaybetmiş oldu. Sıçanlar va fareler benzer laboratuvar hayvanlarıdır ve eğer onlara iyi davranılırsa öğrenebilirler. Psikoloji ve biyoloji laboratuvarlarında sıçanlarla çalışanların, işlerinde becerikli ve yetkin olmalarının gerektiği bilinmektedir. Solucan deneylerine, daha sonra yapılan sıçan deneylerinin ışığında bakıldığında, solucanların da özenli bir bakımı gereksindikleri ve ancak bu sayede öğrenebilecekleri savı oldukça akla yakın görünmektedir. McConnell'ın deneylerinin doğruluğuna inanmış araştırmacılar aşağıdaki alıntıda görüldüğü gibi bunu şöyle belirtmektedir:

> "Sıçanlarla çalışmalarımız sırasında onlara özen gösterir, hangi yavrulama döneminden olduklarını not eder, ses geçirmez kafeslerde eğitip çıktı adını verdiğimiz öğrenmeyi sağlayan daha birçok faktöre dikkat ederiz...Solucanları ise bir tekneye doldurup,... (bir şartlı uyaran), sonra da ... (bir şartsız uyaran) veririz ve arkasından onlardan bir sıçanın gösterdiği öğrenme performansını bekleriz." (Corning ve Riccio, 1970, s.129)

Ancak çok sonraları bu yürekten haykırış çoğunluğa mantıklı gelmeye başladı ve herkesin ilgisini memeliler arasındaki davranış aktarımı konusuna yöneltmesi, böylelikle bu konuyu artık unutmuş olması nedeniyle kabul görebildi. Belleğin doğasına ilişkin genel kanıya daha önemli bir karşı çıkıştı.

Memeliler

İlk Deneyler

Memelilerdeki bellek aktarımını ilk ortaya koyan savlar, birbirlerinden habersiz çalışan dört değişik ekipten geldi. İlk dört çalışma alfabetik sırayla Fjerdingstad, Jacobsen, Reinis ve Ungar adlı araştırmacılara aittir. Bu çalışmalarının hepsi 1964 yılı dolaylarında yapıldı ve 1965 yılında yayınlandı.

Fjerdingstad sıçanları, rastgele sırayla biri aydınlatılan, diğeri kararılan iki çıkışı bulunan bir eğitim kutusuna koydu. Sıçanlar 24 saat boyunca susuz bırakıldılar ve aydınlatılan yolu bulduklarında onlara birkaç damla su verildi. Bu eğitilmiş sıçanlardan alınan beyin parçaları henüz eğitilmemiş olanlara aşılandığında, bu sıçanlar da eğitilmiş arkadaşlarının susuzluklarını giderdikleri çıkışı bulabildiler.

Jacobsen aç sıçanlara klik sesiyle yemek ödülü arasında ilişki kurmayı öğretti. Yemek ve klik sesi arasındaki bu ilişki, daha sonra eğitilmemiş sıçanlara yine aşılama yoluyla aktarılabildi.

Reinis bir ışık ya da sesin varlığında, sıçanlara bir delikten besin bulabileceklerini öğretti. Bu beklentinin de aşılama yoluyla aktarılabildiği görüldü.

McConnell'ın laboratuvarı da 1960'lı yılların ortalarında sıçanlarla çalışmaya başladı. Fakat uzun vadede en önemli memeli hayvan araştırmacısı, morfine olan dayanıklılığın aktarılabileceğini göstermekle işe koyulan Georges Ungar'dır. Bir hayvan bir ilaca alıştıkça, ilacın hayvanın davranışları üzerinde gösterdiği etkilerin aynısını sağlamak için ona daha fazla doz vermek gereklidir. Bu o ilaca olan "dayanıklılık" (tolerance) olarak adlandırılır. Ungar dayanıklılık kazanmış 50 sıçanın beyninden aldığı parçaları, böyle bir dayanıklılık edinmemiş olan sıçanlara verdi. 1965 yılında bildirildiğine göre, sonuç dayanıklılığın aktarımı şeklinde oldu. Bunun öğrenmenin aktarımı olarak görülüp görülemeyeceği konusu pek açıklığa kavuşmamıştır. Daha sonra belirtileceği gibi, Ungar'ın öğrenmenin aktarılmasından ziyade karma-

şık bir bioassay gerçekleştirmiş olduğu da düşünülebilir. Bu hususun önemi zamanı gelince daha açık ortaya konacaktır.

Ungar alışkanlığı da aktarmayı denedi. Sıçanları gürültüye alışıp artık "sıçrama tepkisini" göstermedikleri ana kadar çok güçlü bir zil sesine maruz bıraktı. Bu alışkanlık da beyin parçalarının aşılanması yoluyla aktarılabildi. İlginç olan Ungar'ın alışkanlığı sıçanlardan sıçanlara değil, sıçanlardan farelere aktarmasıdır.

İlk Tepkiler

Bu garip ve alışılmadık sonuçlara bilimadamlarınca gösterilen ilk tepkilerin mahiyetine bir göz atmakta fayda vardır. Aşağıdaki tepkiler, memelilerle ilgili ilk sonuçların ortaya çıkmasından hemen sonra 1966 yılında kaydedilmiştir. Tepkilerin şiddetinin bir bölümünü, daha önceleri gerçekleştirilmiş olan solucan deneylerine bağlamak olasıdır.

Bir araştırmacı çalışmalarını sunmasının ardından barda, insanların kendinden adeta kaçtıklarını gözlemlediğini belirtmiştir. Diğer araştırmacılar da konferanslarda aktarım deneylerine gösterilen benzer tepkilerden söz etmektedirler:

> "Akşamları kendi aramızda toplandığımızda, bazılarının düşüncenin bütününe, benim birçok nedenlerle anlamakta ve çözümlemekte zorluk çektiğim, derinlerde yer etmiş duygusal tepkileri su yüzüne çıkıyordu. Bunlar özellikle birkaç kadehten sonra dile getiriliyordu.
>
> Afallamıştım. İnsanlar gerçekten -kötü belki biraz ağır kaçacak- ama kesinlikle kaba davranıyorlardı. Kutsal bir bölgeye adım atmış olduğumu farketmem epey bir süre aldı. Sürekli "Niye öyle yaptın?," "Niye böyle yapmadın?" türü suçlamalar yöneltiyorlardı.
>
> ...insanların kafa kafaya verip, neyin doğru neyin yanlış olduğuna karar vermeye çalıştıkları o anlardan birinde,... sigara dumanıyla dolmuş bir odada...hatırlıyorum, toplantının sonlarına doğru, deneylerinde olumlu sonuçlara ulaşmış

olanlar, olumsuz sonuç elde etmiş olanları işinin ehli olmamak ve deney nasıl yapılır bilmemekle, olumsuz sonuç alanlar ise olumlu sonuç alanları kandırmaca yapmakla ve verilerle oynamakla suçluyorlardı."

Georges Ungar'ın Asıl Çalışması

Ungar en tanınmış çalışmasına 1967 yılında başladı. Bu deneylerde sıçanların aydınlık ya da karanlık kafeslere girmek arasında seçim yapmaları gerekiyordu. Sıçanların doğal davranışı karanlık kafesi seçmekti. Fakat böyle yaptıklarında kafese kilitleniyorlar, altlarında bulunan metal levhalar aracılığıyla 5 saniye kadar elektrik akımına maruz bırakılıyorlardı. Sıçanlar kısa sürede karanlıktan kaçınmayı öğrendiler, ancak Ungar sıçanların beyninde yeteri kadar 'karanlıktan korkma' maddesinin oluştuğuna emin olabilmek için, günde 5 kereden 6-8 gün daha deneyleri sürdürdü.

Eğitimden sonra sıçanlar öldürüldü ve beyinlerinden parçalar alındı. Bunlar yine aynı deney ortamında denemeye tabi tutulan farelere verildi. Üç dakikalık denemeler sırasında karanlık ya da aydınlık kafeslerde geçirmiş oldukları sürelerin birbirlerine olan oranlarına bakarak, eğitilmiş sıçanlardan alınmış beyin parçalarının verildiği farelerin, herhangi bir eğitimden geçmemiş sıçanlardan alınma beyin parçalarının verildiği farelere göre ne oranda karanlığı tercih ettiklerini söylemek mümkün oldu.

Memelilerdeki Kopyalama

Görüldüğü gibi, memeliler üzerine yapılan araştırmalar şiddetli tartışmalara sahne olmuş, bulguları desteklemek ya da çürütmek amacıyla birçok girişimde bulunulmuştur. Ungar'ın 1965 ve 1975 yılları arasındaki çalışmaları konu alan taslak halinde ve tartışmalı çözümlemesine göre, aşağıdaki tabloda gösterildiği sırada gerçekleştirilen sınama amaçlı deneylerden 105 tanesi olumlu ve 23 tanesi ise olumsuz sonuç vermiştir.

Ungar'ın memelilerdeki aktarım deneylerini konu alan incelemesi, 1965-1975:

	Olumlu	Olumsuz
1965	13	1
1966	13	6
1967	13	4
1968	16	5
1969	23	1
1970	17	3
1971	27	1
1972	13	1
1973	23	-
1974	17	-
1975	8	1

Bu nokta bilimin pek sık yanlış anlaşılan bir yönünü göstermesi açısından ilginçtir. Defalarca sınanmış olması bile, bilim topluluğunun alışılmamış bir bulguya inanması için her zaman yeterli değildir. Örneğin sözkonusu durumda birkaç araştırmacı tarafından gerçekleştirilen tek bir olumsuz deney, çok sayıdaki olumlu sonucun etkisini bir çırpıda götürüvermiştir. Bilimadamları bir deneyin sonuçlarına inanmak için sağlam dayanaklara gerek duyarlar -bunun böyle olması, bu kitapta da göstereceğimiz gibi, gerekli yetenek var olduğu sürece, akla yakındır. Aykırı sonuçlar ortaya koyan deneyler içinse daha sağlam temeller görmek isterler ve hatta denebilir ki inanmamak için neden ararlar. Aradıkları dayanaklar arasında araştırmacının ünü, çalıştığı kuruluşun saygınlığı da yer alır. Bu, doğal olarak, hâlâ alışılmamış ola-

nın şiddetle aleyhindedir. Ungar'ın ortaya koyduğu sayılardan anlaşılacağı gibi, bir deneyin sınanması ve bilimadamlarının bundan sonuçlar çıkarmaya çalışmaları pek kolay bir iş değildir.

Doğal olarak birbirine karşıt sonuçlar, araştırmacıların beceri ve yeterliği üzerine ortaya atılan karşılıklı savlarla desteklendi. Şimdi bu tür sorunların mahiyeti konusunda bir örnek teşkil etmesi için, Ungar ile Stanford Üniversitesi'nden bir grup arasındaki tartışmaya bir göz atalım.

Stanford'la Yapılan Tartışma

Stanford, Ungar'ın çalışmasını aynen tekrarlamayı denedi. Görüldü ki Ungar'ın araştırmalarında:

> "bazı ... peptid maddeleri kafalarda hiçbir soru işareti uyandırmayacak bir biçimde ayrıştırıldı... eğer bu madde - yapısı ve saflığı ne olursa olsun- eğitilmemiş alıcı hayvanlara öğrenilmiş bir davranışı aktarma yeteneğine tamamen sahipse, bu modern biyolojideki en önemli buluşlar arasındadır." (Goldstein, 1973, s. 60)

Olay gerçekleştiğinde olumsuz sonuçlar alındı. Kaçınılmaz olarak bu Ungar'ın, Stanford deneyleri ile kendininkiler arasındaki, yanlışlığa yol açabilecek son birkaç farklılığa işaret etmesine neden oldu. Bunun arkasından, Stanford ekibinin Ungar'ın çalışmasının her ayrıntısını kopyalamasıyla birbirine giderek daha çok benzeyen iki deney dizisi ortaya çıktı ve sonra bu araştırmaların yolları, Stanford ekibinden gelen beklenmedik açıklamalarla yeniden "birbirinden ayrılmaya zorlandı."

Stanford ekibinin önderi Avram Goldstein ilk önce, Ungar tarafından yayınlanmış olan prosedürleri tam olarak izleyebileceğinden emin olmak amacıyla, onun yanında üç gün geçirdi. 1971 yılındaki bir yayında, onun ve arkadaşlarının sonraki çalışması şöyle açıklanıyor:

"Sonraki üç ayda 125 verici sıçan , 383 alıcı ve kontrol faresi ile 18 başarısız deney yürüttük. Daha sonra Dr. Ungar'dan sağladığımız hem kontrol hem de eğitilmiş verici parçaları ile kendi farelerimiz üzerinde körlemesine bir deneme yaptık. Daha sonra farelerimizden yüz kadarını oradaki yerli türlerde beraber aynı anda denemeye tabi tutulmak üzere Houston'a gönderdik. En sonunda kendi farelerimiz arasından, parça verildikten sonra karanlık kutudan daha sık kaçınanları, (dişi erkek karışık) seçtik. Bu hayvanlar yavrulattırılarak, yavruları alıcılar olarak denendi. Genetik etki altında olabilecek alıcı yeteneğini böylelikle seçebilmeyi umduk. Bütün bu deneyler olumsuz sonuç verdi." (Goldstein, Sheehan ve Goldstein, 1971, s. 126)

Bütün bu yapılan ortak çalışmaların amacı, Stanford ekibinin uyguladığı prosedürler ile Ungar'ınkiler arasındaki farklılıkları en aza indirmekti. Stanford ekibi aşağıdaki yayından da belli olduğu gibi, yeni düşünceleri kabule hazır yapabileceğinin en iyisini yapmaya çalışıyordu:

"Kazanılmış davranışın... beyin parçaları yoluyla aktarılabileceği olasılığını gözden uzak tutmamalıyız. En azından önerilen mekanizmalar... ilginç olup, diğer birçok laboratuvarca bu sonuçları doğrulayıcı yayınlar yapılmıştır." (Goldstein ve d., 1971, s. 129)

Deneylerinin başarısızlığa uğramasından sonra tartışmanın rengi değişti. Stanford ekibi kendi yorucu denemelerinin, başarılı bir aktarım için deney şartlarının daha kesin belirtilmiş olması gerektiğini gösterdiğini öne sürdü.

"Araştırmacılar acaba deneyi yürütmek için gerekli şartları, başka yerlerdeki yetkin bilimadamlarının da aynı sonuçlara ulaşmalarını sağlayacak kesinlikte belirtebilirler

mi? Bizim sonuçsuz kalan çabalarımız... ancak eğer başkalarının aynı doğrultudaki deneyimleriyle çakışmasaydı, beceriksizlik olarak bir yana atılabilirdi." (Goldstein, 1973, s. 61)

Her iki deney arasındaki farklılık gittikçe daha belirgin olmaya başladı. Sonuçların bir yanının yorumuna gönderme yaparak Goldstein ve ekibi şunu ifade ettiler:

"Dr.Ungar'la kendi sonuçlarının değerlendirilmesi konusunda anlaşamadığımız için bunlara burada yer verilmemiştir, fakat sanırız (bunlar) kendisince ayrıca yayınlanacaktır." (Goldstein ve d., 1971, s. 129)

Buna Ungar'ın yanıtı şöyle oldu:

"...bazı çok önemli parametreler keyfi olarak değiştirilmişti... Bu kesinlikle yapılmamalıydı, çünkü kendisi deneylerimizden habersizdi." (Ungar, 1973, s. 312)

Ungar ayrıca Stanford ekibinin, kullandığı düzeneğin üç kafesinden bir tanesini iptal ettiğini, bazı vericileri 5 yerine bir kez eğittiğini... ve farklı bir fare soyu (strain) kullandığını belirtmiştir. (Ungar, 1973, s. 309)

Ungar, Stanford ekibinin kullanmış olduğu karanlıktan kaçınma ölçütüne de karşı çıkmıştır. Stanford ekibi sonuçları, sıçanların karanlık kafeste kalma yerine "gizlenme" (latency) süreleri cinsinden ifade etmiştir. Bu süre farelerin kafese ilk adımlarını atmadan önceki sinip bekledikleri süredir. Goldstein ise buna karşılık olarak, Ungar'ın da gizlenme zamanını ölçtüğünü, ancak yayınlarında hep kafeste geçirdikleri süreyi kullandığını söylemiştir.

" Ben bunu garip buldum, çünkü karanlıktan kaçınma eğer gerçekten parça aktarımı yoluyla gerçekleşseydi, gizlenme süresi de buna bağlı artış gösterirdi. Bu basit mantıktır. Gerçekte gizlenme süresi deneysel psikologlarca bu tip davranış olguları için kabul edilmiş bir ölçüttür. Buna karşın Ungar bu ölçütü hiç kullanmamıştır..." (Goldstein, 1973, s. 61)

Ungar bunu şöyle yanıtladı:

"...onun en son açıklamalarında da görüldüğü gibi, yapılan değişikliklerden biri olan gizlenme süresinin, hayvanın kafeste kalma süresinin yerine kullanılmış olması haklı çıkarılmaya çalışılmaktadır. Bizim deneysel olarak ona da gösterdiğimiz gibi, birçok fare ilk iş olarak karanlığa koşmuş, ama sonra hemen dışarı çıkmış ve zamanının çoğunu ışıkta geçirmiştir. Gizlenme süresi bu yüzden yanıltıcı sonuçlar verecektir." (Ungar, 1973, s. 312)

Goldstein:

"Karanlık kafeste geçirilen süre... diğer davranış etkenlerine duyarlı olabilir. Hiperaktif olması sebebiyle etrafta dolanan bir alıcı fare doğal olarak karanlık kafesi pasif olana oranla daha çabuk terkedecektir." (Goldstein, 1973, s. 61)

Görülebileceği gibi Ungar ve Goldstein ne ayrıntıların yayınlarda yeterince belirtilip belirtilmediği, ne her iki deney arasındaki belli farklılıkların önemi olup olmadığı, ne de karanlıktan kaçınma ölçütünün ne olduğu konusunda anlaşabilmişlerdir. Ungar, Goldstein'ın çalışmalarını kendisininkilerden belirgin bir şekilde farklı deneyler olarak görmüştür.

Karşıt Stratejiler

Eğer bellek aktarım tekniği psikologlar için önemli ise, bu öncelikle belleği "parçalarına ayırmak" (dissection) için bir araç sunmasından ötürüydü. Birçok psikolog için asıl umut, bu tekniğin onlara belki de öğrenmenin bazı özelliklerini diğerlerinden ayırabilme olanağını sağlayacak olmasıydı. Bellek aktarım maddelerinin kesin kimyasal yapısı onlar için ikinci derecede önem taşıyordu. Böylece McConnell'ın da şakayla karışık belirttiği gibi, eğer ona soracak olursak etken madde ayakkabı boyası bile olabilirdi.

McConnell ve öteki davranış psikologları, diğer bellekle ilgili davranış eğilimlerinin bir memeliden diğerine kimyasal olarak aktarılıp aktarılamayacağını bulmak için çalıştılar. Karanlıktan korkma, daha önceden öğrenilmiş özgül, bir şeyden çok, genel bir mizaç özelliği olarak da görülebilirdi.

Özgüllük (specificity) argümanı solucanlar özelinde duyarlılaştırma tartışmasına paralel gitmiş, hatta memeliler sözkonusu olduğunda daha da öne çıkmıştır. Eğer belirli moleküllerin belirli bellek bölümlerine (memories) ya da öğrenilmiş davranışlarla olan ilişkisi saptanabilseydi bu heyecan verici birşey olurdu. Birçokları için bu kabul edilmesi zor bir savdı. Moleküllerin davranış üzerinde durumdan duruma farklılık gösteren belirsiz bir etkisi olabileceği düşüncesi daha çekici görünüyordu. Örneğin, bellek molekülünün etkisinin hayvana bellek kazandırmaktan çok, onun genel duygusal durumunu değişikliğe uğrattığını varsayalım. Bu durumda aşılanmış ama eğitilmemiş bir hayvanı, öldürülmüş olan arkadaşının eğitim sırasında yaşamış olduğu şartlara -örneğin ışığı ya da karanlığı seçme- maruz bırakırsak, bu onda eğitim sırasında kazanılmış olan ışığı seçme davranışını göstermesine neden olacaktı. Ancak farklı şartlarda bu etki farklılık gösterebilecekti; örneğin aşılanmış hayvan pembe ya da mavi kafesleri seçmek zorunda bırakıldığında, bu onun kuyruğunu ısırmasına sebep olabilecekti. Eğer aktarım sadece bundan ibaret ise *Sheakespeare'in Tüm Eserleri* hapı hiç varolmayacaktı.

McConnell psikologların "nitelikli öğrenme" olarak saydıkları birşeyin aktarılıp aktarılamayacağını ortaya çıkarmak istedi. Denebilir ki, McConnell'ın ilgisini çeken, Sheakespeare'in eserleri türü birşeyin kimyasal halde bulunabileceğini kanıtlamaktı.

"Nitelikli öğrenmenin" mümkün olduğunu göstermek için McConnell ve diğer araştırmacılar, sıçanlara besine ulaşmak için bir koridorda sağa mı yoksa sola mı dönmeleri gerektiği gibi karmaşık işler öğrettiler. Bu deneyler 1960'lı yılların sonlarına doğru gerçekleştirildi. Bu tür "ayırt etme" işleri sıçanlar arasında olduğu kadar kediler, mercan balıkları, hamam böcekleri ve peygamber develeri arasında da aktarılabilir gibi gözüküyordu. Farklı türler arasındaki aktarımın derecesi de bu arada bulundu.

McConnell'dan farklı olarak Ungar okullu bir farmakologdu ve "biyokimyasal bir strateji" onun daha çok ilgisini çekiyordu. Yani o etken molekülleri ayrıştırıp analizini ve sentezini gerçekleştirmek istiyordu. Ungar için asıl önemli olan tekrar üretilebilir bir aktarım etkisi bulmak, aktarılmış davranışın kaliteli olmasından bağımsız olarak, etken maddenin kimyasal yapısını incelemekti. İlgisini karanlıktan korkmaya yönelten Ungar, sonraları "Scotophobin" adını alan maddeyi elde etmek üzere işe koyuldu. Yeterli miktarı elde edebilmek için 4000 eğitilmiş sıçanın beynine ihtiyaç duyuyordu. Psikologlar için bu gerçekten büyük ve pahalı bir araştırmaydı, hatta diğer biyokimyagerler bile onunla boy ölçüşemiyordu. En sonunda Ungar Scotophobin maddesini ayrıştırıp analiz ettiğine ve arkasından sentezini gerçekleştirdiğine emin oldu.

Ungar, kimyasal aktarım deneylerinin sınanması ile ilgili sorunların, sentetik maddelerin kullanılması ile çözülebileceğini ümit etmişti, fakat tartışmalı bir bilimde her zaman olduğu gibi, üzerinde tartışılacak o kadar ayrıntı vardır ki, deneyler hiç kimseyi kayda değer bir şeyin bulunduğuna inanmaya zorlayamaz.

Sentetik maddelerin saflığı, kararlılığı, diğer laboratuvarlar tarafından kullanılmadan önce nasıl muhafaza edildiği ve (eğer varsa) neden olduğu davranış değişiklikleri üzerinde anlaşmazlıklar vardı. Bundan

başka Ungar Scotophobin'in kimyasal yapısını tam olarak belirtebilmek için birçok değişiklik yaptığını bildirdi. Bunun sonucu tartışmaların devam etmesi şeklinde oldu. Kimyasal aktarıma inananların birkaçı, değişik türler için Scotophobin benzeri, formülü birbirinden çok az farklı olan, bir kimyasal madde "ailesi" olduğunu farkettiler. Hatta bir deney Scotophobin'in sentetik versiyonunun sıçanlar üzerinde etkisi olmadığını, ama mercan balıklarında korkudan kaçınma tepkisi oluşturduğunu gösterdi!

Sentetik Scotophobin ile yapılmış deneylerin sayısı konusunda, üretilen birçok farklı sentetik versiyonun olması, sonuçların çoğunun hiç yayınlanmaması ve bunlardan bir bölümünün, madde alıcının beyninde nerede bulunuyorsa sadece orasını denemeye tabi tutmuş olmasından dolayı kesin bir rakam vermek zordur. Düzinelerce deney bilinmesine rağmen, hem bu konuya inananların hem de bundan şüphe edenlerin sonuçlardan teselli bulmalarını önleyecek yeterli miktarda belirsizlik bulunmaktadır.

Hikayenin Sonu

McConnell laboratuvarını 1971 yılında kapattı. Çalışmaları için yeterli parasal destek bulamamıştı ve zaten aktarım etkisini kanıtlamak amacıyla, etken maddeleri ayrıştırmak ve sentezini gerçekleştirmek için Ungar'ınkine benzeyen bir strateji geliştirmek gerektiğini görmüştü. Ungar, denebilir ki, deneysel strateji konusunda üstünlüğünü kabul ettirmişti. Psikologlar biyokimyanın "üstün bilimi" karşısında yenilmişlerdi.

Ungar araştırma programına hız verdi. Binlerce sıçanı eğitmek defalarca yinelenemeyecek aşırı büyük bir projeydi. Ungar ilgisini bu yüzden mercan balıklarına yöneltti. Mercan balıkları renkleri ayırt etmede başarılıydılar ve görece ucuzdular. Yaklaşık 17000 eğitilmiş mercan, yaklaşık 750 gr. renk ayırdedebilen beyin üretimi için yaşamlarını feda etti. Fakat bu miktar varolduğu varsayılan bellek maddelerinin (chromodiopsin) kimyasal yapısını ortaya çıkarmak için hâlâ yeterli değildi.

Aktarım üzerine çalışmaya başladığında emekli olabilecek yaşta olan Ungar, 1977 yılında 71 yaşında öldüğünde, onun çalışma alanı da onunla birlikte öldü. Bu, Ungar'ın hırslı yaklaşımından kaynaklanan ve rakip laboratuvarları safdışı bırakan alanındaki baskınlığı nedeniyleydi. Bir yandan aktarım etkisinin hiçbir zaman yeterli güvenilirliğe sahip olmaması, yeni başlayanlara ya da kaynak yetersizliği içerisinde bulunanlara deneyleri pek çekici kılmazken, diğer yandan Ungar'ın çıtayı yükseltmiş olması, onu çalışmasını tekrarlamayı amaçlayan ciddi bir girişim için çok fazla yatırımın yapılmasını gerektiriyordu. Bu yüzden Ungar öldüğünde çalışmasını devralacak kimse yoktu.

Ungar arkasında onun sıçanlar ve mercan balıkları üzere yaptığı çalışmaların sonucu olan, davranışlara etki eden moleküllerin birçok moleküllerin formülü bıraktı. Bazı bilimadamları Scotophobin'i sentez yoluyla elde etmeye çalıştılar ve hayvanlar üzerinde denediler, fakat yukarda da belirtildiği gibi, Scotophobin üzerinde yapılan denemeler bunun "karanlıktan korkmanın" mı, yoksa korku gibi daha genel bir şeyin mi kimyasal ifadesi olduğu sorusuna hiçbir açıklık getirmedi. Öyle ya da böyle, eğer Ungar'ın kahramanca çabalarının değerli sonuçları olduysa bile, bunlar 1970'li yılların sonlarında, ilgili bir dal olan beyin peptidleri kimyasında bir patlamanın gerçekleşmesiyle artık farkedilmez olmuştu. Bilimadamları bellek aktarımı ile ilgisi olmamakla beraber, etkileri oldukça bariz beynin kimyasal maddelerine sahipti.

Scotophobin böylece dikkatleri celbeden önemini kaybetti ve kötü bir üne sahip aktarım olgusuyla olan ilişkisi, onun dezavantajı haline geldi. Birçok bilimadamı bu konuyu hemen unuttu. Birçok tartışmada olduğu gibi, bu konu da sessizce kapandı.

Herhangi bir deneyin, ya da deneyler kümesinin aktarım olgusunun varolmadığını gösterdiğini söylemek zordur, fakat o sıralar üç yayının etkisi varmış gibi görünüyordu. Bunların *tarihsel* önemini yayınlandıklarında neden oldukları olumsuz etkiye bağlamak olasıysa da sosyolojik önemini de, (hele şimdi geriye baktığımızda bu yayınların hiç de o kadar önemli görünmediklerini gözönüne alırsak) o etkinin nedenlerinde aramak olasıdır.

İlk makale 1964 yılında yayınlandı ve Nobel ödüllü Melvin Calvin (Bennett ve Calvin, 1964) adlı araştırmacının laboratuvarından geldi. Bu makale planarya ile ilgiliydi. Makalede, bazılarında McConnell'ın eski öğrencilerinin de eğitimi gerçekleştirmek üzere yer aldığı, görünürde öğrenme olgusunun gerçekleşmediğini gösteren bir deneyler serisi betimleniyordu. Bu makalenin çok güçlü bir etkisi oldu ve yıllarca kimyasal aktarım üzerindeki ilk araştırmaların etkisini zayıflatmak üzere referans olarak kullanıldı. Bugün öğrenmenin henüz kanıtlanmadığı yolundaki bu ihtiyatlı hüküm yerini, solucanların sadece dönüp kıvrılmakla kalmadıklarını, aynı zamanda öğrenebilecekleri şeklindeki inanca terk etmiştir.

Byrne ve 22 diğer araştırmacıya ait ikinci makale ise 1966 yılında yayınlandı (Byrne ve d., 1966). Bu, ilk kimyasal aktarım deneylerini tekrarlamak amacıyla 7 değişik laboratuvarca girişilen çabaların sonuçsuz kaldığını bildiren ve *Science* dergisinde çıkan kısa bir yazıydı. Bu da, hep bu alana indirilen darbelerden biri olarak görülür. Fakat Ungar ve diğer yandaşlarına göre, makalede sözü edilen bütün deneyler ve bunların tekrarlamayı denedikleri ilk (orijinal) deney geçersizdi, çünkü aktarılan maddenin peptidden ziyade RNA olduğunu varsaymışlardı. Ungar'a göre deneylerini tekrarlamak isteyenlerce beyin parçalarını işleme tabi tutarken kullanılan kimyasal teknikler, büyük bir olasılıkla etken peptid maddesinin bozulmasına yolaçmıştı. Bu nedenle orijinal deney, rastlantı eseri peptidin bozulmasına sebep olmayan zayıf biyokimyasal teknikler kullanmış ve doğru olumlu sonucu elde etmişti!

En son makale en çok tanınmış olandır. Ungar'ın 5 sayfa tutan, Scotophobin analizini ve sentezini içeren bildirisi, biyoloji bilimlerinde belki de en çok prestije sahip *Nature* dergisinde yayınlandı. (Ungar ve d., 1972); ama bir bilimsel hakem tarafından kaleme alınmış 15 sayfa tutan bir eleştiri yazısı da buna eşlik ediyordu. Hakemin ayrıntılı eleştirisi ve belki de salt yayının kuraldışı bir şekilde basılmış olması, bellek aktarım olgusunun inandırıcılığını oldukça azalttı. Burada belirtmek gerekir ki, *Nature* dergisi bu alışılmadık yayın üslubunu bili-

min hep sıradışı örneklerinin ve belki de bilimin kendisinin zararına olacak şekilde kullanagelmiştir.

Belleğin kimyasal aktarımının inandırıcılığının yaygın olarak kaybolmasına karşın, bu fikrin kararlı bir yandaşı kesin teknik bir bulguya dayanan yayınlanmış hiçbir karşı kanıt bulamayacaktır. Böyle birisi için deneylere bir kere daha başlamak pek mantıksız ya da bilimdışı olmayacaktır. Her olumsuz sonucunun yanlışının nerede olduğuna ilişkin bir açıklama getirilebilmişken, olumlu olanlar için böyle bir şey sözkonusu değildir. Burada bellek aktarımı, tartışmalı bir bilim dalı için örnek durum oluşturur. Bellek aktarımına artık inanmıyoruz, fakat bu daha ziyade yorulmuş olmamız, başka ilginç sorunların ortaya çıkmış olması ve önde gelen bazı araştırmacıların inandırıcılığını yitirmesi yüzündendir. Bellek aktarımı hiçbir zaman tam olarak reddedilememiştir; sadece bilimsel zihinleri artık meşgul etmez olmuştur. Golem bakışlarını başka yere çevirmiştir.

II
Görecelik Kuramını "Kanıtlayan" İki Deney

1. VE 2. BÖLÜMLERE GİRİŞ

Einstein'ın görecelik (rölativite) kuramı 20. yüzyıl başlarında yaygın olarak tanınmaktaydı. Bu kuramın bilimadamlarınca tutulmasının nedenlerinden biri, kafalarda karışıklık yaratan birçok gözleme açıklık getirmesiydi. Örneğin bu kuram, Merkür gezegeninin yörüngesinde görülen, beklendiğinden daha küçük bir sapmayı öngörüyor ve bazılarının güneşten gelen ışık içerisinde saptadıklarını iddia ettikleri, spektrumdaki hafif kırmızıya kayışa da bir açıklama getiriyordu. Bundan başka, görecelik kuramı halk tarafından da tanınmış ve gazete başlıklarına konu olmuştu. Bunun muhakkak ki 1. Dünya Savaşının bitmiş olması ve bilimin parçalanmış anakara üzerindeki birleştirici etkisiyle ilgisi vardı. Bu aynı zamanda 1919 yılındaki görecelik "ispatının" çarpıcı durumu ve kolay anlaşılabilir olmasıyla da ilişkiliydi. Ve hiç kuşkusuz kuramın, fiziksel dünyayı sağduyumuzla anlamamıza yardımcı olacak birtakım şaşırtıcı sonuçları olmasının da bunda payı vardı. Işığın bütün yönlerde aynı hızda gitmesi gerektiği yolundaki Einstein'a ait görüşün gerektirdiği sonuçlar ele alınmaya başlanınca, birtakım tu-

haf olgular da önceden kestirilebildi.

Ortaya çıktı ki, eğer Einstein'ın düşünceleri doğruysa, zaman, kütle ve uzunluk değişmez olmayıp, nesnelerin hareket ettikleri hızlara göre değişiklik gösteriyorlardı. Çok hızlı yani ışık hızına yakın hızlarda yol alan nesneler, bu durumda ağırlaşıp kısalacaklardı. Yine bu hızda hareket eden insanlar, sanki yavaş yaşlanıyormuş gibi görüneceklerdi. Aynı yumurta ikizleri, birinin hareketsiz kaldığı, diğerininse çok hızlı bir yolculuğa çıktığı durumda, farklı hızlarda yaşlanacaklardı. Eğer kuram doğruysa, ışık yalnızca doğrusal hareket etmeyecek, yerçekimi alanlarının etkisi altında -daha önce mümkün sanılandan çok daha fazla- eğilecekti. Kuramın daha korkunç bir sonucu ise, kütle ve enerjinin birbirine dönüştürülebilir olmasıydı. Bu bir yandan güneşin hala yanıyor olmasını açıklarken -çünkü aksi takdirde yakıtı çoktan bitmiş olurdu-, diğer yandan kendini sonradan oldukça aşikar bir kanıtla, atom bombasının patlatılmasıyla belli eden yeni ve korkunç güç kaynaklarını mümkün kılıyordu. Eğer bilimde gerçekler varsa, Einstein tarafından ortaya konan kütle ve enerji arasındaki ilişkiler de bu tür gerçeklerdendi.

Fakat görecelik kuramını "kanıtlayan", 1945 yılında patlatılan atom bombası değildi. Kuram çok daha önceden kabul görmüştü. Öykünün en sık anlatıldığı biçiminde, gözleme dayanan iki kesin kanıtın varlığından sözedilir. Bunlar birinci kısımda tartışacağımız 1880'li yıllardaki Michelson-Morley'in "esir hareketi" deneyi ve ikinci kısımda ele alacağımız Eddington'ın 1919 yılında güneş tutulması sırasında gözlemlediği yıldızların konumlarındaki görünen kaymadır.

Bu konuda anlatılan resmi öyküye göre, Michelson-Morley gözlemleri ışığın bütün yönlerde aynı hızda ilerlediğini göstererek göreceliğin özel kuramını; Eddington'ın 1919 yılı güneş tutulmasını gözlemlemek amacıyla uzak ülkelere yaptığı bilimsel yolculuklar ise, yıldızlardan gelen ışığın güneş tarafından tam beklenen derecede kırıldığını göstererek, genel görecelik kuramını kanıtlamıştır. Buradaki dram soruların ve yanıtların açıklığında ve kesinliğindedir. Işık ya bütün yönlerde gerçekten aynı hızda yol alıyordu ya da almıyordu. Güneşin ya-

kınındaki yıldızlar, eski Newton kuramına göre olması gerekenden ya iki kat daha fazla yer değiştiriyorlardı, ya da değiştirmiyorlardı. Dışardan bakıldığında hiçbir iş bundan daha basit değildir. O kuşaktan birçok insan için bilime duyulan ilgi, görecelik konusunun olağandışı doğası ile ilk gözlemlerle ilgili dillerde dolaşan öykülerden kaynaklanıyordu. Fakat sonradan bu deneylerin bile hiç de sanıldığı kadar kesin olmadığı ortaya çıkmıştır. Dışardan bakıldığında basit olan şey pratikte çok daha karmaşık olabilmektedir.

1. BÖLÜM

YER ESİR* DENİZİNDE Mİ YÜZÜYOR?

1887 yılında Albert Michelson ve Edward Morley, Cleveland'da bulunan *Case School for Applied Science* 'da çok hassas bir deney gerçekleştirdiler. Işığın yerin hareketi yönündeki hızıyla ona dik olan hızını karşılaştırdılar. şaşırtıcı bir şekilde ikisinin de birbirine tam olarak eşit olduğunu buldular. (Stephen Hawking, *Zamanın Kısa Tarihi*: (A Brief History of Time: From Big Bang to Black Holes)

Durgun Esir Denizi

Işık ve Esir

19. yüzyılın sonlarında, ışık dalgalarının evrende "esir" (ether) adı verilen hayali (insubstantial) bir madde içinde yol aldıklarına inanılıyordu. Eğer bu doğru olsaydı, yer esir içerisinde ve güneş etrafındaki yörüngesinde döndükçe, ışık dalgalarının hızı farklılık gösterecekti. Tıpkı durgun bir havada hızla koştuğumuzda kendi esintimizi oluşturmamız gibi, yerin hareketi de bu seyrek "esir denizinde" kendi "esir rüzgarını" oluşturmalıydı. Yerin yüzeyinde rüzgara doğru bakacak şe-

* Esir (aether) Bir zamanlar tüm uzayı doldurduğuna ve ışık dalgalarının da içinde hareket ettiğine inanılan madde.

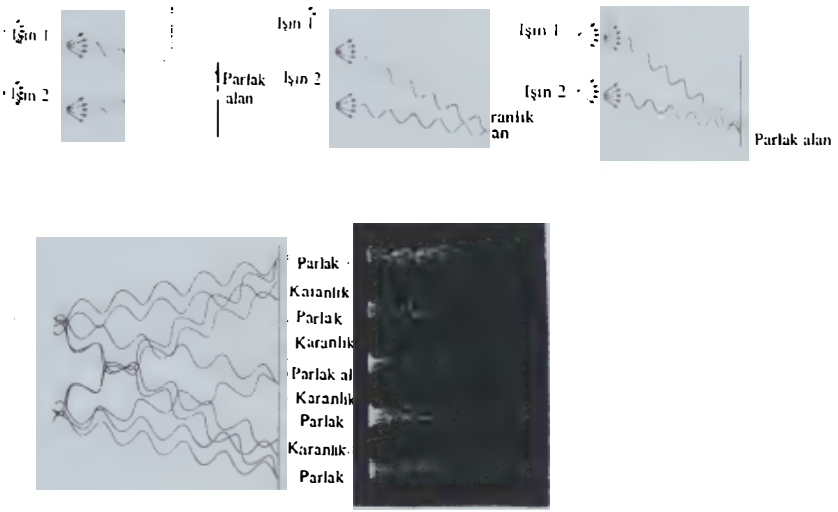
kilde durduğumuzda, bize doğru gelen ışık, esirin durgun olduğu durumdaki hızından daha hızlı hareket ediyormuş gibi görünmeliydi ve ışığın hızı esir rüzgarının hızıyla artış göstermeliydi. Dönüp rüzgarın estiği yöne dik bir açıda baktığımızda ise, ışık yine normal hızında ilerliyormuş gibi görünecekti. Albert A. Michelson esir üzerine ilk deneylerini gerçekleştirdiğinde, bu onun asıl bulmayı umduğu şeydi; gerçekte bulduğu şey ise, ışığın bütün yönlerde aynı hızda ilerliyor gibi görünmesiydi.

Michelson ve Görecelik

Görecelik kuramına göre ışığın bütün yönlerde aynı hıza sahip olmasını *gerekiyordu*, ancak bu kuram Michelson ilk gözlemlerine başladıktan 25 yıl sonra bile henüz ortaya çıkmamıştı. Michelson o sıralar görecelik hakkında hiçbirşey bilmiyordu; esir denizi içerisindeki hareketi yer için bir tür hızölçer olarak kullanmak amacıyla işe başlamıştı. Bu deneyin hep, Einstein'ın çözmekle işe başladığı problemi doğurduğu düşünülmesine rağmen, bu da büyük bir olasılıkla yanlıştır. Görünen odur ki, Einstein kuramını oluşturduğu sıralar Michelson'ın deneyleriyle pek az ilgilenmişti. Einstein'ın başlama noktası elektrik dalgaları kuramındaki bir paradokstu. Einstein ve Michelson arasındaki ilişki, ilk "kesin" deneylerin tamamlanmasından 20 yıl ya da daha fazla bir süre sonra başkalarınca kurulmuştur. Michelson'ın o zamanlar vardığı sonuçların sonradan elde edeceği başarı hakkında en ufak bir fikri yoktu. O sıralar yerin hızını bulmakta başarısızlığa uğramaktan dolayı, hayal kırıklığı içerisindeydi. Michelson göreceğimiz gibi deneylerini tam olarak tamamlamamış, ilk bulgularını yayınladıktan sonra hemen başka konulara geçmiştir.

Esir rüzgarının Hızı Nasıl Ölçülebilir?

Yerin hızını ölçebilmek için Michelson ışığın değişik yönlerdeki hızını ölçmek gereksinimini duydu. Başlangıçtaki varsayımı, yerin esire göre maksimum hızının, gezegenin güneş etrafındaki yörüngesindeki hareketinin hızı kadar -yani yaklaşık saniyede 18,5 mil- olduğuydu. Işık hızının saniyede 185000 mil civarlarında olduğu bilindiğinden, öl-



Şekil 2.1 Girişim Saçakları

çülmesi beklenen etki çok küçüktü (yaklaşık 1000'de 1). Daha da kötüsü, ışık hızının doğrudan ölçümleri bu kadar küçük bir farkın görülebilmesi için yeterli derecede hassas değildi; böylelikle iki yöndeki hızları karşılaştırmak geriye tek olasılık olarak kalıyordu.

Kullanılması gereken bugün girişim ölçümü* "interferometry" adını verdiğimiz yöntemdi. Bu yöntemde aynı ışık demeti (beam) ikiye ayrılır ve sonra tekrar birleştirilir. İkiye ayrılmış ışık demeti tekrar birleştiğinde, "girişim sacakları" oluşur: bir dizi aydınlık ve karanlık ku-

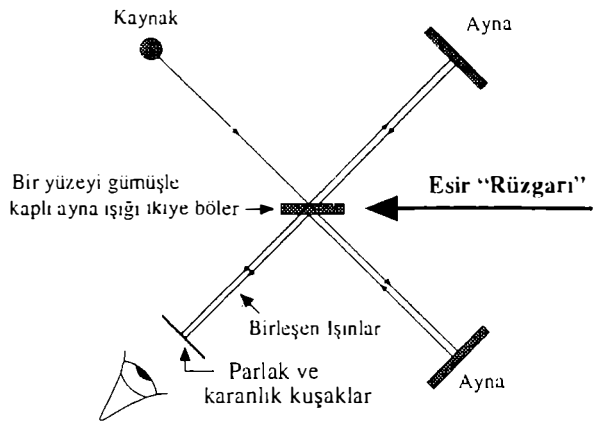
* Girişim Ölçümü (Interferometre) Işık ışınları aracılığıyla uzunluk, yüzey düzensizlikten ve kırma indisi gibi niteliklerin duyarlı olarak ölçülmesi

şak. Bu etki ışık ışınının (her bir yarısındaki *ışık* dalgalarının sırayla birbirini güçlendirmesi (parlak kuşaklar) ve birbirini yoketmesinden (karanlık kuşaklar) kaynaklanır. Bu iki dalga hareketinin birbirinin üzerine binmesinin (superimposition) basit geometrik sonucudur: ışık ışınlarının birbirini kestiği düzlemdeki sırasıyla her farklı nokta için, ışınların herbiri birbirinden az farklı uzunlukta yol katederler. Örneğin sol taraftaki ışının (Şekil 2.1'deki Işın 1) aydınlatılmış bölgenin sol tarafına ulaşması için belli bir yol alması gerekir. Biraz sağdaki bir noktaya ulaşmak için, biraz daha fazla ve en sağdaki bölüme ulaşmak içinse daha da fazla yol katetmesi gerekir. Yani ışın perdeye dalgalanmasının farklı evrelerinde çarpacaktır; Işın 1'in tepesi perdenin bir noktasına çarparken, çukuru da az ilerde başka bir noktaya rastgelecektir. Işın 2 için de aynısı geçerli olduğundan, her iki tepe (ya da çukur) bazen aynı noktaya çarparak enerjilerini birleştirecekler, bazen de başka noktalarda bir tepe bir çukura denk gelecek ve birbirlerini yok edecekler, böylelikle parlak ve karanlık girişim saçakları oluşacaktır.

Michelson girişime* (interference) uğrayan ışık demetlerini birbirlerine dik açılarda yollayıp yansıttıktan sonra, ışık kaynağının yakınında yeniden birleştirmeyi önerdi. Varsayalım ki tüm aygıt, ışık her iki güzergahta eşit hıza sahip olacak şekilde, esir rüzgarına uygun bir açıda yerleştirilmiş olsun (Şekil 2.2). Bizim de girişim saçaklarına baktığımızı varsayalım. Şimdi de tüm düzeneğin esir rüzgarına göre öyle bir döndürüldüğünü varsayalım ki, ışığın hızı bir güzergah boyunca daha hızlı, diğerinde ise daha yavaş olsun. Bundan sonra bir an için yalnızca bir güzergahı (ışık ışınını) düşünelim, bir zamanlar bir *tepenin* karşılık geldiği bir nokta, artık öyle bir nokta olmayabilir. Aynı şey ışık ışının diğer yarısı için de geçerlidir. Bunun etkisine bağlı olarak, hem birbirini güçlendiren, hem de yokeden dalgaların karşılık geldiği noktalar kayacaktır; yani parlak ve karanlık kuşaklar yanlara doğru yer değiştireceklerdir.

---

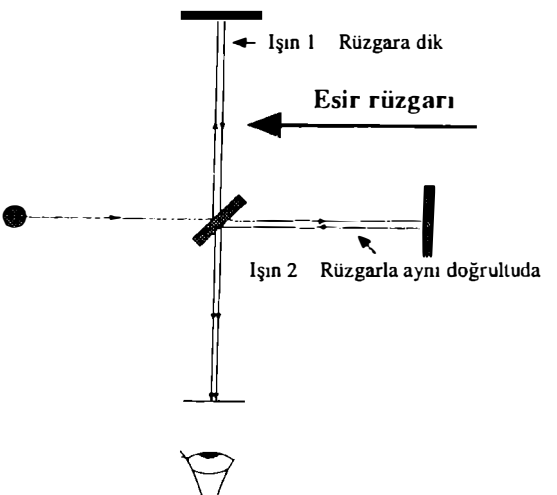
* Girişim Fizikte iki ya da daha fazla dalga katarının birleşmesi, dalgaların izlediği yolların kesişmesi ya da üst üste binmesiyle oluşan etki



Şekil 2.2 Işık hızı her iki güzergah boyunca eşittir

Bu deneysel tasarımda yerin esirin içindeki hareketini saptamak için, esir rüzgarının deneyin başında hangi yöne estiğini bilmek gerekli değildir; yapılması gereken aleti döndürüp saçaklardaki kaymalara bakmaktır. Saçaklardaki hareketin aralığının tamamı bir kez bilindiğinde, hem hızı, hem de yönü hesaplayabilmek mümkündür.

Yukarıdaki açıklama çok önemli bir noktayı atlamaktadır. Michelson'ın deneyinde ışık ışınları (light rays) bir güzergah üzerinde yollanmış ve sonra yansıtılmıştı. Böylelikle eğer esir tarafından bir yönde sürüklenselerdi, diğer yönde yavaşlatılacaklardı ve adeta her iki etki birbirini yokedecekmiş gibi görünecekti. İyi de aritmetik bilimi bunun pek böyle olmadığını göstermektedir. Kazanç kayıpla tam olarak karşılanamaz, ama bu, etkinin, eğer ışınları başladıkları noktaya geri getirmeden birleştirmenin bir yolu olsaydı, böyle bir durumdaki etkiden çok daha az olacağı anlamına gelir (böyle bir yol da zaten yoktur). Bu



tam olarak şu anlama gelir ki, işimizi ışıktaki 10000'de 1'lik bir hız değişimini aramaktan, 100 000 000'da 1 büyüklüğündeki bir etkinin aranmasına indirgemiş oluyoruz. Bu öyleyse, gerçekten çok hassas bir deney haline gelmektedir. Yine de Michelson aygıtını geliştirirken, eğer esir yerin yörüngesindeki hızına eşit bir hızda hareket ediyorsa, tek bir girişim saçağının eninin 10'da 4'ü kadar hareket edeceğini umdu. Bunu kolaylıkla gözlemleyebilmesi gerekiyordu.

Deneyde Rol Oynayan Unsurlar

Esir rüzgarının görünen hızının, aygıtın yerleştirilme yönüne bağlı olacağını belirtmek gerekir, bu da yer kendi ekseni etrafındaki döndükçe değişecektir. Bazen rüzgar, her iki güzergahın uzunluğu üzerinde küçük farklara neden olacak şekilde ışık yolu doğrultusunda, bazen

de aygıtın içerisinde aşağıya ya da yukarıya esiyormuş gibi görünecektir. Bu yüzden deneyin, yerin dönmesinden kaynaklanan değişik yönlerdeki konumlarının sınanabilmesi için, günün değişik zamanlarında yinelenmesi gerekiyordu. Bundan başka, hareketi tam olarak anlayabilmek için deneyin, yerin güneşe göre değişik yönlerde hareket etmekte olduğu yılın farklı zamanlarında da yinelenmesi gerekecekti. Esirin güneşe göre hareketsiz kaldığı ve böylelikle yerin esir içindeki bütün hareketinin kendi yörüngesindeki hızına bağlı olduğu durumda ise, hız yıl içerisinde ve günün herhangi bir saatinde değişmez olacaktı. Eğer bütün güneş sistemi esir içerisinde hareket ediyorsa, yılın bazı dönemlerinde yerin yörüngedeki hızı, güneş sisteminin hareket yönünde, diğer zamanlar ise karşıt yönde olacaktı. Yani yılın bir mevsiminde maksimum, diğerinde de minimum görünen "rüzgar hızı" bulmayı umabilecektik. Bu fark güneş sisteminin bir bütün olarak hareketini saptamak için kullanılabilirdi.

Eğer güneş sisteminin esir içindeki hızı, yerin kendi yörüngesindeki hızıyla aynıysa, yılın belli zamanlarında yerin yörüngesel hızının güneşin hareketinin etkisini neredeyse yokedeceğini unutmamak gerekir. Böyle anlarda esirin görünen hızı çok az hatta sıfır olacaktır. Bunun meydana gelmesi pek olası değildir, ama emin olmak için yılın iki mevsiminde gözlemlere gerek vardır.

Deneyin işe yaraması için, ışık ışınlarının aldıkları yol uzunluklarının sabit tutulması şarttı ve böylece yalnızca esir rüzgarının yönündeki değişikliklerden etkileneceklerdi. Gözlemlenmesi beklenen görünen uzunluktaki değişiklikler, ışığın tek bir dalga boyunun uzunluğu büyüklüğündeydi. Işık yolunun uzunluğu metrenin 10 katı büyüklüklerinde, görünen ışığın dalga boyu da metrenin milyarda biri uzunluğunda olduğundan, aygıtın istenen sabitlikte tutulması hayli zorlaşıyordu. Aynalara destek olan kollarda ufak bir esneme dahi ölçümlerin çöpe atılması için yeterliydi. Michelson tonlarca ağırlıktaki aygıtı taşıyan kollardan birinin ucuna konan 30 gramlık bir kütlenin, sonuçları inanılmaz bir şekilde değiştirebileceğini buldu. Sıcaklık sözkonusu olduğundaysa, derecenin 100'de 1'i kadar küçük değişikliklerin, esir rüzga-

rının kendisinden kaynaklanması beklenen etkinin üç katı kadar bir etkiye sahip olduğu tahmin ediliyordu. Çevredeki metal parçaların, ya da yerin manyetik alanının aygıtı oluşturan malzeme üzerindeki manyetik etkisi, demirin ya da çeliğin esnemeyi önlemek üzere kullanıldığı tasarımlarda hatalı sonuçlara neden olabilirken, havanın nemliliğinde meydana gelen küçük değişiklikler, yol uzunluklarının küçük tahta parçaları ile sabit tutulmaya çalışıldığı deneyleri bozabilecekti. Sıcaklık ve titremenin denetim altına alınması gerekliliği, deney aygıtının sağlam ve iyi yalıtılmış binaların bodrum katlarında, muazzam dayanaklar üzerinde, büyük ağırlıklar halinde kurulmasını geretli kılıyordu.

Ne yazık ki aygıtın büyüklüğü ve özenle yalıtılmış olması tam tersi bir sorun yarattı. Kütleli ve saydam olmayan maddelerin -adeta bir ağın akıntıya karşı koyması gibi- esirin akışını önleyebileceği farkedildi. Demek ki, büyük bir binanın zemin katı seviyesinde ya da daha aşağısında iyi yalıtılmış bir oda -etrafında esir akıntısı olan, ama içi durgun bir havuz benzeri- bir esir kapanı görevi görecekti. Daha da kötüsü, tepeler ya da dağlar, hatta yerin yüzeyi, aynı havayı taşıdıkları gibi, esiri de beraberinde taşıyabilirlerdi. Olaya bu tür bir bakış açısı, deneyin açık havada, yüksek bir dağın tepesinde, ya da en azından, tercihan camdan yapılmış hafif bir binanın içinde gerçekleştirilmesi gerektiğine işaret ediyordu.

Deneyde o sıralar 6 unsur sözkonusuydu:

1) Işık ışınları ayrıştırılıp, izledikleri yol birbirlerine dik açı yapacak şekilde yansıtılmalıdır.

2) Saçakların gözlemlenmesi, aygıtın tümü ekseni etrafında döndükçe, değişik noktalarda gerçekleştirilmelidir.

3) Yerin kendi etrafındaki dönüşünü hesaba katmak için, gözlemler gün içerisinde değişik zamanlarda yinelenmelidir.

4) Yerin güneş sistemine göre hareket yönünü değiştirmesini hesaba katmak için, gözlemler yılın değişik mevsimlerinde yinelenmelidir.

5) Deney -tartışılabilir bir sava göre- hafif, açık ve geçirgen bir binada yürütülmelidir.

6) Yine aynı şekilde, deney yüksek bir tepenin ya da dağın üzerinde gerçekleştirilmelidir.

Deney Aygıtı

Michelson ilk deneyini 1889 yılında ve ikinci ama daha hassas bir gözlemi ise Arthur Morley'in katkısı ile 1887 yılında gerçekleştirdi. Aslında deney oldukça basitti; bir ışık demeti iki ışına ayrıştırılır, ışınlar izledikleri yol birbirlerine dik açı oluşturacak şekilde yansıtılarak kaynak yakınında tekrar birleştirilirler ve girişim saçakları oluşur. Aygıt döndürülüp gözlemler yinelenir ve saçakların konumlarındaki değişiklikler kaydedilir. Yapılan iş, aygıt tam bir daireyi tamamlayacak şekilde döndürülürken, saçakları 16 değişik konumda gözlemlemekti. Uygulamada deney aşırı derecede hassas yapılmıştı. Michelson Almanya'da kurmuş olduğu ilk aygıtta, titreşimle ilgili önemli sorunları olduğunu bildirmiştir. Deneyin Berlin'den daha sakin bir kasaba olan Postdam'a aktarılması gerekmiş, bu durumda bile laboratuvardan 100 m. uzaklıkta yere vurulduğunda saçakların kaybolduğu gözlenmiştir. Deneyi rahatsız edebilecek en az dış etkenin bulunduğu zamanlarda, geceleri çalışılmıştır. İlk aygıtta ışığın katettiği yol görece daha kısaydı. Sonraki deneylerde ışığın katettiği yol, ileri geri birçok yansıma sayesinde arttırıldı ve bu da esir rüzgarına, titreme ve diğer dış etkenlere olan duyarlılığın kaçınılmaz olarak artışına yolaçtı.

Deneyin uzun öyküsü, iki ışık demetinin katettiği yolun uzunluğundaki artışlar, aygıtın değişik parçalarının yapılmış olduğu maddelerdeki farklılıklar ve deneyin konumu ve barınma şartlarındaki değişiklikler olarak görülebilir.

1881 yılındaki Deney

Michelson'ın ilk deneyinde ışığın katettiği yol 120 cm. idi ve yaptığı hesaplamalara göre, yerin yörünge hızına yakın bir hızdaki esir rüz-

garı, aygıt döndükçe saçağın 10'da 1'i kadar bir yerdeğiştirmeye neden olacaktı. Michelson böyle birşeyi -eğer gerçekten varsa- gözlemleyebileceğini farketti. Bu aygıtı kurarken ve kullanırken, aygıtın kendi ekseni etrafında dönüşü sırasında, kollarda titreme ve bozulma (distortion) sorunları olduğunu keşfetti. Buna rağmen, esir içerisinde hiçbir yer hareketinin saptanamadığı yolundaki gözlem sonuçlarını yayınladı.

Bu yayından sonra deney, H.A. Lorentz tarafından yeniden incelemeye alındı. Lorentz incelemesinde, aygıtta enlemesine yeralan kol üzerindeki, rüzgarın sıfıra eşit olmayan etkisini Michelson'ın hesaba katmayı ihmal etmiş olduğunu belirtti; akıma dik olarak kürek çeksek bile, herhangi bir yere gidip gelmek, akımın hiç bulunmadığı duruma oranla daha uzun süre alacaktır! Bu etki gözönüne alındığında, saçakların tahmini yerdeğiştirmesi yarı yarıya azalır. Michelson, ilk (original) deneyde karşılaşılan zorluklar ve yerdeğiştirme için yapılan yeni tahmin gözönüne alındığında, beklenen esir rüzgarı etkisinin deneyden kaynaklanan "gürültü" tarafından yokedilmiş olabileceği sonucuna vardı. Bu da onun daha gelişmiş bir aygıt tasarlamasına ve kurmasına yolaçtı.

1887 yılındaki Michelson-Morley Deneyi

Bir sonraki aygıt daha bir özenle yapıldı ve Michelson'ın memleketi Cleveland'daki üniversitesinde kuruldu. İçinde cıva bulunan ve demirden dökme bir küvet, bodrum katında tuğladan yapılmış dayanaklar üzerine yerleştirilmişti. Tabanalanı yaklaşık 720 cm^2 olan ve yaklaşık 35.5 cm kalınlığında, kumtaşından yapılmış ağır bir kütle cıvanın üstünde yüzüyordu. Elle harekete geçirilmesinden sonra, kendi etrafında yavaş yavaş hareket ederek tam bir dönüşü yaklaşık 6 dakikada tamamlıyor ve kendi haline bırakıldığında dönmesini bir saatten fazla sürdürüyordu. Işık kaynağı, ışık ışını ayırıcısı, yansıtıcılar ve diğerleri kumtaşı kütlesinin üzerine sabitlenmişti. Çok sayıdaki ayna, ışık ışınlarını perde üzerinde birleşmelerinden önce ileri geri birçok kere yansıtacak şekilde yerleştirilmişti. Bu da ışık ışınının 10 m.'den fazla bir yol katetmesi ve aygıtın dönmesiyle bir girişim saçağında, tahminen

eninin 10'da 4'ü kadar bir yerdeğiştirme görmemiz demekti.

Birçok alışıldık deneme ve sıkıntılardan sonra, Michelson ve Morley artık gözlemlerini yapabilirlerdi. 8, 9 ve 11 Temmuz öğlen saatleri ve 8, 9, 12 Temmuz akşam saat 6 sularında, Michelson dönen aygıtın etrafında yürüyerek yüksek sesle sonuçları okudu ve Morley bu gözlemleri kaydetti. Son derecede hayal kırıklığına uğramışlardı, çünkü esirin tahmini hızını gösteren hiçbir etki kaydetmemişlerdi. Deney yinelendiğinde bir kez daha aynı sonucu verdi.

Yukarıda, deneydeki 6 unsura işaret ettik: dik açılardaki iletim, aygıtın kendi etrafında dönmesi, günün diğer zamanlarındaki ölçümler, yılın değişik zamanlarındaki ölçümler, hafif malzeme ile inşa edilmiş binalar ve yükseltilmiş konum. Bizim anlattıklarımız ise bu 6 unsurdan yalnızca 3 tanesini içeriyor. Michelson sonuçtan öylesine bir hayal kırıklığına uğramış görünüyordu ki, devam edeceğine hemen başka bir konu üzerinde çalışmaya başladı: Işığın dalga boyunun, uzunluğun mutlak ölçütü olarak kullanımı.

Bunu anlayabilmemizin tek yolu, deneyi Michelson'ın gözleri ile bir yer hızölçeri olarak görmektir. Bu durumda hızın oldukça yüksek olması ve ancak olağanüstü bir rastlantı sonucu güneş sisteminin hızının etkisini, deney sırasındaki ona eşit ve ters yöndeki esir hızının götürdüğü düşük değer sonucunu vermesi beklenir. Yani burada esirin "tutulup sürüklenmesi" (drag) sorunuyla karşı karşıya olmadığımızı varsaymamız gerekir. Girişimölçerin Michelson onu inşa ettiğinde bir hızölçer olarak pek fazla işe yaramadığı açıktı. Öte yandan deneyin, görecelik kuramının bir sınaması olarak görüldüğü durumda -ki şimdi biz de öyle görüyoruz- kuramsal önemi artıyor, ancak deneysel önemi çok daha aza iniyordu. Göreceliğin sınanması için deneyin, yerin tahmini bir hızla yolalmadığını değil, ışığın hızları arasında, hangi yönde ölçülürse ölçülsün, hiçbir fark olmadığını göstermesi gerekiyordu. İlk durumda sonuçlar hızölçeri daha fazla geliştirmeye değmeyecek kadar bir düşkırıklığı yaratmıştı. Göreceliğin sınanması için, saçaklardaki en küçük bir kayma bile büyük bir önem taşıyordu. Deneyi yılın değişik zamanlarında yinelemek de çok önemliydi, çünkü mevsimden mevsi-

me kaydedilebilecek değişiklikler, kuram için büyük bir anlam ifade ediyordu. 1857 yılındaki deney Michelson ve Morley'in bilmek istedikleri şeyin sınanması açısından elverişli olmasına karşın, o zamanlar için göreceliğin çok iyi bir sınaması sayılmazdı. Ancak 20. yüzyılın ilk yıllarında Einstein'ın ünlü makalesi yayınlandıktan sonra, deney göreceliğin ünlü ve kesin kanıtı olarak, "geriye dönülerek adeta yeni baştan inşa edildi."

1900'lü yıllardaki Morley ve Miller

Michelson'ın kendi bulduklarına olan ilgisizliğine karşın tartışma sona ermedi. Sonuçlar fiziğin berrak semalarını kapatan "bulutlar" olarak görülüyordu. Esirin varlığının, onun varolmadığını gösteren sonuçlarla nasıl uyum içinde olduğunu göstermek amacıyla sayısız açıklamalar yapıldı. Bu açıklamalar, gözlemcinin gözünün hareketinin neden olabileceği yanlışlıklar gibi deneydeki yeni hata kaynaklarından tutun da, girişimölçerin kolları da buna dahil olmak üzere her türlü maddenin, hareket yönünde, tam da etkiyi yokedecek derecede kısalacağını önesüren "Lorentz kısalmasına" kadar uzanıyordu. İlgi o kadar fazlaydı ki, 1900'lü yılların başlarında Morley ve üniversitede Michelson'ın ardından öğretmenlik koltuğunu devralan Dayton C. Miller, yeni ve gelişmiş girişimölçerler kurmaya başladılar. Temel olarak tahtadan yapılmış ve daha büyük ölçekte bir alet yaparak kısalma etkisinde (contraction effect) farklılıklar görmek istediler, fakat kum ve metalden yapılmış olanlardan farklı bir sonuç elde edemediler.

Deneyi çevreleyen yoğun kütlelerce, esirin adeta bir kapanın içerisinde tutulduğu ya da sürüklendiği düşüncesi henüz ortadan kalkmamıştı; bundan sonraki adım aleti yüksek seviyede denemekti. 1905 yılında Morley ve Miller deneyi yaklaşık 90 metre yükseklikte yeralan cam bir kulübenin içinde yinelediler. Yerin yörünge hızından beklenen etkiyle karşılaştırıldığında sıfır sayılabilecek bir sonuç elde ettiler.

Bu çalışmayı tamamladıklarında, Einstein'ın makaleleri gerektiği gibi kabul görmeye ve "sıfır" sonucu, deneysel fiziğin en anlamlı bul-

gularından biri olarak yeniden yorumlamaya elverecek biçimde bilimsel manzarayı değiştirmeye başlamışdı.Yine de, Einstein'ın düşüncelerinin, yayınlanmasının hemen arkasından herkesçe eşit derecede kabul edildiğini düşünmemek gerekir. Mücadele birkaç onyıl daha sürdü ve göreceliğe birçok nedenle ve birçok cephede karşı çıkıldı. İkinci Dünya savaşının sonrasına kadar Michelson-Morley deneyine olan ilgi, elde edilen sonucun sürekli yeniden ele alınmasına yolaçarak sürüp gitti.

Miller bir Esir Akıntısı Bulduğunu İddia Ediyor: Miller'ın 1920'li yıllardaki deneyleri

Girişimölçer deneyleri yerin hızının ölçülmesinden çok, göreceliğin sınanması gibi görülmeye başlanınca, yapılanlar henüz daha bütünüyle tamamlanmamış gibi göründü. Dayton Miller, Einstein ve Lorentz'in de kendisini yüreklendirmeleri sonucu, Mount Wilson dağının tepesine 6000 feet (yaklaşık 1800 m.) yükseklikte kurulmuş bir aygıtla sonuçları sınamaya karar verdi: göreceliğin ışığında yakından incelendiklerinde, önceki sonuçların kesin olmadıkları görüldü. Bu deneylerde oldukça küçük bir etki gözlenmişti, ancak saçak boyunun -aslında 10'da 4 beklenirken- yaklaşık yüzde birine karşılık gelen bir yerdeğiştirme sözkonusuydu. Göreceliğe göre, ne kadar küçük olursa olsunher türlü gerçek etki çok büyük önem taşıyordu.

1920'li yılların başlarında Miller, Mount Wilson dağında pek doyurucu olmayan deneyler gerçekleştirdi ve bu deneyler sırasında sıcaklık değişimi, aygıtın sabitliğinin sağlanamaması gibi olağan sorunlarla boğuşmak zorunda kaldı. Aygıtı yeniden kurarak 4, 5 ve 6 Eylül 1924 tarihlerinde sonuçları yeniden okudu. Miller beklenen kalıcı yerdeğiştirmeleri kaydettiğinde, "Etkilerin hiçbir soru işaretine yolaçmayacak derecede gerçek ve sistematik olduğu gösterilmiştir." hükmünü verdi.

Miller'ın deneyleri, onun protokolün (ÇN: bakınız: deneyde rol oynayan unsurlar) 4. maddesini uygulamak amacıyla ilkbahar, yaz ve arkasından güz aylarındaki sonuçları kaydetmesi açısından diğerlerinden ayrılır. Sonuç olarak 1925 yılında, yerin yaklaşık saniyede 10 km'lik bir hızla hareket ettiğini gözlemlediğini belirtti. Bu hız ilk Michelson

deneylerinin bulmayı umut ettiği sonucun yaklaşık üçte biriydi. 1925 yılında Miller çalışmasına karşılık 'American Association for the Advancement of Science ödülünü aldı.

Böylece 1887 yılının ünlü Michelson - Morley deneyi, biraz dikkasiz bir yorumla göreceliğin ilk kanıtı olarak sunulmakla beraber, deneyin 1925 yılındaki daha iyi ve eksiksiz versiyonu göreceliğin tersinin kanıtlanması olarak gösterilir. Bu deney bir şarlatan tarafından gerçekleştirilmemişti. Einstein'ın yüreklendirmesiyle, Michelson'ın en yakın çalışma arkadaşlarından biri tarafından yapılmıştı ve ona bilim dünyasınca önemli bir onur bahşedilmişti.

Miller'a İlk Deneysel Tepkiler

Miller'ın bulduklarına tepki olarak birçok deney ortaya çıktı. Bunların hepsi de sıfır etki bulduklarını bildiriyorlardı. En büyük çaba ise Michelson'ın kendisinden geldi. Çok büyük bir girişimölçer kurarak yalıtılmış bir laboratuvar içerisinde çalıştırdı ve yine sıfır etki elde etti. O ve Miller 1928 yılındaki bir bilimsel toplantıda karşı karşıya geldiklerinde, birçok konuda ayrıldıkları hususunda anlaştılar. Çok özenli bir şekilde yapılmış bir Alman deneyi de o sıralarda sonuçlandı ve bu deney de aynı şekilde hiçbir etki saptayamadı. Burada belirtilmesi gereken nokta, bu deneylerin her ikisinin de çok korunaklı şartlarda yapılmadığı ve hiçbirinin belli bir yükseltide gerçekleştirilmemiş olduğudur. Esir rüzgarının saptanabilmesi için uygun şartlarda yapılmamış olmasına rağmen, her iki deneyin bulguları Miller'ın olumlu sonuçlarının neden olduğu spekülasyonu dindirmiş görünüyordu. Yükselti sorununu çözen, fakat çok fazla miktarda korunum gerektiren bir başka deney de balon üzerinde gerçekleştirildi. Bilimde hep görüldüğü üzere, açık ve anlaşılır bir dille ne dediğini ifade eden yeterli sayıdaki deneysel ses, dikkatli de yapılmış olsa bir eleştirinin itirazlarını etkisiz kılabilir.

1930 yılında Michelson'ın devasa aygıtı, Mount Wilson dağının tepesindeki bir teleskop korunağının içine konuldu. Korunak metalden yapılmıştı ve böylece Miller'ın Mount Wilson deneylerinden daha iyi

bir korunma sağlıyordu. Buna rağmen Mount Wilson gözlemlerinden birşey çıkmış gibi görünmemektedir. Bundan başka Miller'ın girişimölçerinin Invar adı verilen ve ısı karşısında genleşmeyen bir alaşımdan yapıldığı varsayılmasına rağmen, daha sonraki bir inceleme, alaşımın formülünün uygun bir şekilde hazırlanmadığını göstermiştir.

Miller'ın 1933 Tarihli Makalesi ve En Son Deneyler

1933 yılında Miller bu alandaki çalışmaları gözden geçiren bir makale yayınladı ve esir rüzgarının varlığına işaret eden bulguların hala güçlü olduğu sonucuna vardı. Burada yeniden fizikte sık sık karşılaşılan sınama amaçlı yapılmış sözde deneylere (so-called replications) rastlıyoruz. Miller olumlu bir sonucu açıklarken, karşıtları olumsuz sonuçlar bildiriyorlar, fakat Miller olumsuz deneylerin gerçekleştirildiği şartların kendi deneylerindekilerle aynı olmadığını gösterebiliyordu. Daha iyi belirtmek gerekirse, onun deneyi belli bir yükseltide gerçekleştirilen ve minumum korunağa sahip -korunak esir rüzgarının aygıtın içinden akmasını önlüyordu- tek deneydi. Miller diyordu ki:

> "Dört olumsuz deneyin üçünde, girişimölçerler ağır ve kapalı metal korunaklar içine kondu ve büyük binaların ortasında, yer seviyesinin altında bodrum katlarına yerleştirildi; girişimölçerin bir balon tarafından taşındığı Piccard ve Stahel'in deneyinde yalnızca, içi boş ve metalden yapılmış bir oda kullanıldı... Eğer deneyde, esirin içeri akmasının bir önemi varsa, o derece büyük ve geçirgen olmayan bir korunağı açıklamak mümkün görünmemektedir. Deney -ışığı esirin kendisi aracılığıyla etkiyecek- ışık hızındaki anlık değişimleri saptayabilmek için tasarlanmıştır ve esir ile ışığın girişimölçer içerisinde izlediği yol arasında, olabilecek en az miktarda engel olması gerekli görülmüştür...
>
> Öbür deneylerin hiçbirisinde gözlemler, yerin dönmesini ve mevsimlere bağlı olan değişiklikleri kesin olarak belirleyecek kadar kapsamlı ve sürekliliğe sahip değillerdir." (Miller, 1933, s. 240)

Bütün bunlara karşın fizikteki tartışma sona erdi. Aşağıda açıklanacak olan, 1919 yılında yapılan Eddington'ın gözlemleri de bunlar içerisinde olmak üzere diğer görecelik deneyleri, doğrudan olmasa da, görecelik kuramının doğru olduğunu ve ışığın hızının bütün yönlerde eşit olması gerektiği düşüncesini desteklemiştir. Fiziğin seçmiş olduğu yeni yolun ağırlığı -fizik dünyasındaki yaşam kültürü-, Miller'ın deneysel sonuçlarının geçersiz olduğunu düşünüyordu.

Michelson-Morley deneyinin görecelik kuramını kanıtladığı düşüncesinden bu yana oldukça uzun bir yol katedilmiştir. Görecelik kuramının Michelson-Morley deneyini, bir sonuçlar kümesinden çok kalıcı bir söylence olarak önemli ilan ettiği bir noktaya ulaştık. Michelson-Morley deneyinin gösterdiği şeylere karşıt olan sonuçlar geniş çapta yok sayılmıştır. Bir de şöyle düşünelim. "Anomali" kavramı bilimde iki türlü kullanılır. Ya "Bunu yok sayabiliriz, bu sadece bir anomali" şeklinde basit bir rahatsızlık kaynağı (nuisance) ya da "Halihazırda geçerli olan kuramda bazı sorunlu anomaliler var" biçiminde ciddi bir problemi belirtmek için kullanılır. Girişimölçer sonuçları esir kuramı için ilk önceleri ciddi bir sorun olarak baş gösterdi. Sıfır etki bulan sonuçlar ilk başta anomaliyken, görecelik kuramı taraftar kazandıkça 'bulgu'ya dönüştüler. Sonra Miller'ın olumlu açıklamalarıyla girişimölçer sonuçları bir kez daha anomali oldular, fakat bu kez bir sorundan çok bir rahatsızlık kaynağı olarak görüldüler. Miller'ın sonuçları "giderilmesi gereken anomalilerdi." Miller olumlu sonuçlarını o ana kadar yapılmış en iyi deneyden kaynaklanmalarına rağmen, basit rahatsızlıklar statüsünden, sorunlu anomaliler statüsüne değiştiremedi. Bu deney belki de sınanması gereken şeyi sınamış tek deneydi. Demek ki bir deneysel sonucun anlamı, belli bir deneyin tasarlanması ve yürütülmesi sırasındaki özene değil de insanların o sırada neye inanmaya hazır olduklarına bağlıdır.

Açıklama

Bilim dünyasında bazı öyle düzen meraklıları vardır ki bunlar çoğu kimsenin sadece basit rahatsızlıklar olarak gördüğü anomalilerden bile sıkıntı duyarlar. 1955 yılına gelindiğinde bir ekip, Miller'ın bulgularını herkesin inandıklarıyla uzlaştırmayı denemek amacıyla deneylerin hepsini yeniden incelemeye aldı. Bunun sonucunda Miller'ın çalışmasının sıcaklık değişimleri nedeniyle hatalı olduğu sonucuna varıldı. Deneyler bu tarihten başlayarak sınama amacıyla yinelendiler. 1963 yılında deneyler, varolan sorunları gidermek için, lazerin öncülü sayabileceğimiz "mazer"in kullanılmasıyla yeniden gerçekleştirildi. Bütün bunlar -belirtildiği gibi- görecelik için bir önem taşımamakla beraber, burada tartışmakta olduğumuz tez için çok önemlidirler. Michelson ile Morley göreceliği kanıtlayamamışlardı, çünkü 1963 yılına gelindiğinde dahi, fizik dünyasının geri kalanının ilgisini çekmeyen bu deneylerin sonuçları -yalnız başlarına ele alındıklarında- hala pek açık değildi.

BÖLÜM 2.

YILDIZLAR GÖKYÜZÜNDE YER DEĞİŞTİRİYORLAR MI?

Doğal olarak yerin çekim alanı, ışık ışınlarının içinde eğildiğini bir deneyle doğrudan kanıtlamak için çok zayıftır. Ancak güneş tutulmaları sırasında gerçekleştirilen ünlü deneyler -doğrudan olmasa bile- ışık ışınının izlediği yol üzerinde çekim alanının etkisinin olduğunu göstermiştir. (*Albert Einstein ve Leopold Infeld*, The Evolution of Physics: From Early Concepts To Relativity and Quanta , New York: Simon ve Schuster, 1938, s. 221)

Kuram, Öngörü ve Gözlem Arasındaki Merak Uyandıran İlişki

Göreceliğin genel kuramı kafa karıştıran bir kuramdır. 1919 yılına gelindiğinde dahi bu kuramı bütünüyle anlamış olan sadece iki kişinin varlığından sözediliyordu: Einstein ve Eddington. (Bu, hemen ekleyelim ki Eddington'ın yaptığı bir şakaya dayanır.) O gün bile kuramcılar arasında tam olarak neyin öngörülmesi gerektiği konusunda büyük bir anlaşmazlık olduğundan, Einstein'ın kuramını neyin izlemesi gerektiği konusunda bir görüş birliğine varılabilmiş değildi. Yine de hem Newton'ın, hem de Einstein'ın kuramlarına göre güçlü bir çekim alanının ışık ışınları üzerinde bir etkisi olması gerektiği kabul edilmişti, ancak Einstein etkisinin Newton etkisinden büyük olması gerekiyordu. Sorun hangi kuramın doğru olduğunu bulmaktı.

Yerin yerçekim alanı, ışık üzerinde ölçülebilir bir etkisi olamayacak kadar küçük, güneşin çekim alanı ise tersine çok büyüktür. Yıldızlardan gelen ışığın ışınlarının, güneşin çekim alanı içinden geçerken kırılması ve bize, güneşe yakın yıldızların sanki olağan konumlarından kaymış gibi görünmesi gerekir. Einstein'a uyan dünyadaki yerdeğiştirme, Newton'ın uyan dünyadakinden daha fazla olacaktır. Einstein kendi kuramına göre yıldızların -her ne kadar her iki durumda da kaymalar çok küçük olsa bile- Newton kuramının öngördüğünden iki kat daha fazla yerdeğiştireceğini savlamıştır. Bu, ışığı güneşin tam kenarından geçen bir yıldız, sanki bir madeni paranın bir mil uzaklıktan görülen büyüklüğü kadar yerdeğiştiriyormuş gibi görünmesi demektir. Sayılarla belirtirsek, yerdeğiştirmeler her iki kuram için 0.8 saniyelik ve 1.7 saniyelik açılara karşılık gelecekti (1 saniye = 1/3600 derece). Gerçekte gözlemlenen yerdeğiştirmeler aslında daha az -bunların yarısı kadar- olacaktı, çünkü güneşe iki güneş çapı uzaklığından daha yakın hiçbir yıldız gözlemlenemezdi.

Einstein'ın ışık ışınlarının maksimum görünen sapmasının türetimi için ortaya attığı kuramsal yöntem, bugünkü bakış açısıyla biraz sorunlu gibi görünmektedir. O sıralar bu yöntem, "doğru yanıtı bulmada ondan

daha az uzman ve yetenekli olanların kafalarını karıştırmıştı" (Earman ve Glymour, 1980, s. 55). Hassas deneylerde hep olduğu gibi, o sıralar pek anlaşılamayan bu yöntemler, ancak gözlemler Einstein'ın öngörülerini "doğruladıktan" sonra, doğru olarak kabul edildiler. Bilim gerçekte, sonradan doğrulanan ya da yanlışlanan birtakım açık ifade edilmiş kuramsal öngörülerle ilerlemez. Kuramsal çıkarımların geçerliliği daha çok bizim ölçüm yapabilme olanağımızla yakından ilgilidir. Kuram ve ölçüm, genelde olduğundan daha incelikli bir biçimde elele giderler.

Kuramın ve deneyin bu incelikli birlikteliği üzerine birkaç söz söylemek yararlı olabilir. Einstein demişti ki, Newton kuramı uygulandığında "N" sapması, kendi kuramı uygulandığında ise "E" sapması gerektirsin. Diğerleri (ki onların da geçerli nedenleri vardı) "N" ile "E"nin iki kuramın doğru gerektirmeleri olduğu konusunda tam emin değillerdi. Diyebiliriz ki, bu kuramlardan hangisinin doğru olduğunu, ancak herbirinin gerektirmeleri üzerinde tüm kuşkular kalktıktan sonra sınayabiliriz. Uç bir örnek vermek gerekirse, eğer gerçekte herşeyin tam tersi doğru olsaydı ve Newton'ın kuramı "E", Einstein'ın kuramı da "N" sapmasını gerektirseydi, yıldızların yerdeğiştirme ölçümleri doğru olmalarına rağmen, yanlış kuramı doğrulama tehlikesi içinde olacaklardı. Diğer bir deyişle, *kuram* ile kuramdan "türetilmiş" *öngörüyü* birbirinden ayırmak gerekir. Sözkonusu olayda, Eddington, Einstein'ın türetilmiş öngörülerini sağlayan ölçümlerde bulunmuş, fakat bu sonuçlar yalnızca öngörüyü değil, Einstein'ın *kuramını* da doğrulayan sonuçlar olarak görülmüştür. Gözlemleri bu şekilde yorumlayarak, Eddington sadece Einstein'ın gerçek yerdeğiştirmeyle ilgili öngörüsünü değil, aynı zamanda *onun kuramından öngörüsünü türetme yöntemini* de doğrulamış görünerek, aslında hiçbir deneyin yapmıyacağı şeyi yapmıştır.

Bu tarihsel sürecin mantığı belli durumlarda oldukça akla yakın görünebilir. Örneğin, eğer Eddington'ın gözlemleri de Einstein'a tam uygunluk gösterseydi, o zaman bu çalışma Einstein'ın kendisinin ya da bir başkasının, yerdeğiştirmenin hesaplanması (çıkarımı) konusunda emin olmasa bile, bir şeyler bulmuş olduğu zorunlu sonucunu doğura-

caktı. Fakat bilimdeki birçok gözlem gibi, Eddington'ın gözlemleri de böyle değildi. Göreceğimiz gibi hiçbiri tam doğru değildi ve bazıları birbiri ile çelişiyordu. Hangi gözlemlerin doğru ve saklanması gereken, hangilerinin ise "lüzumsuz", yani atılması gereken olduğuna karar verirken, Eddington'ın aklında hep Einstein'ın öngörüsü vardı. Böylece Eddington, kendi gözlemlerinin aslında ne olduklarına karar vermek için Einstein'ın çıkarımını kullandığından ancak Einstein'ı doğrulamış olurken, Einstein'ın çıkarımları da sadece Eddington'ın gözlemlerini doğrulamış olmasından ötürü kabul edilir olmuştur. Gözlem ve öngörü, deneysel sınamanın alışılagelmiş düşüncesinden çıkarabileceğimiz biçimde birbirinden bağımsız olmaktan çok, karşılıklı doğrulama döngüsü içerisinde yeralırlar. Öyleyse en uygun açıklama, ortada önceden bir kuramdan ziyade "hemfikir olmaya dair bir anlaşma" olduğu, arkasından sınamanın, onun da arkasından doğrulamanın geldiğidir. Eddington'ın gözlemlerinden bahsettiğimizde, onun kendi gözlemlerinin ne olduğunu bilebilmek için, Einstein'ın kuramına ne kadar gerek duyduğunu göreceğiz.

Deneyin Doğası

Yapılması gereken, yıldızların ışığı güneşin tam yanından geçtiği sırada, açık gökyüzündeki konumlarını, görünen konumları ile karşılaştırmaktır. Yıldızlar normal olarak güneşe yakınken, hatta güneş gökyüzünde olduğunda bile görülemezler, çünkü güneş son derece parlaktır. Güneşe yakın yıldızlar, ancak güneş tutulması sırasında görülebilirler. Yerdeğiştirmenin miktarı hem Newton'a hem Einstein göre o kadar küçüktür ki bunu ölçmenin tek olası yolu, güneşin olduğu ve olmadığı zamanlarda gökyüzünün belli bölgelerinin çekilen fotoğraflarını karşılaştırmaktır. Asıl gözlemler için tam güneş tutulmasının beklenmesi şarttır. Karşılaştırma amacıyla kullanılan diğer fotoğraflar ise, güneşin gökyüzünde bulunmadığı bir sırada, bundan aylar önce ya da sonra çekilmelidir. Güneş tutulması fotoğraflarının gündüz, karşılaştırma amacıyla kullanılanlarının ise, güneş tutulması dışında yıldız-

ların görülebileceği tek zaman olan gece çekilmesinin gerektiği açıktır.

Bu derece hassas bir deneyde, gözlemler ve arkaplan karşılaştırmaları arasında, mümkün olduğunca çok şeyin sabit tutulması önemlidir. Sorun, gözlem fotoğrafları ile karşılaştırmakta kullanılanların değişik mevsimlerde çekilmek zorunda olmalarıdır. Bu, diğer birçok şeyin de bu arada değişebileceği anlamına gelir. Bundan başka, gündüzleri ancak sıcak teleskop, geceleri ise soğuk teleskop kullanılacaktır. Sıcak ve soğuk teleskobun odak uzunlukları arasındaki fark, yıldızların görünen konumlarına, neredeyse ölçülmesi gereken etki kadar etki edecektir. Bundan başka, gözlem ve karşılaştırma amacıyla çekilen fotoğraflar arasında, odak uzunluğu ile fotoğraf camının* teleskobun eksenine olan ilişkisini her an değiştirebilecek, birçok mekanik gerilim kaynağına bağlı, bazıları hesaplanabilir, bazıları tahmin edilebilir, bazıları ise hiç bilinmeyen başka birçok değişiklik vardır.

İşleri daha da zor hale getiren, güneş tutulmalarının ancak yeryüzünün en ücra köşelerinden görülebilmesidir. Büyük teleskopları, bütün hassas kontrol mekanizmaları ile bu yerlere alıp götürmek pek olası değildir. Teleskoplar bu yüzden, görece küçük ve daha az ışık toplama gücüne sahip olacaklardır. Bu, iyi görüntü verecek yeterli yıldız ışığının toplanabilmesi için, poz sürelerinin hayli uzun -bu durumda 5 ile 30 saniye arası- olması demektir. Uzun poz süreleri daha başka sorunları da beraberinde getirir. Teleskobun bir yandan mümkün olduğunca sabit tutulmasına dikkat edilirken, diğer yandan da yerin dönmesinin etkisini karşılamak için hareket ettirilmesi gerekir. Büyük astronomi teleskopları, hep göğün aynı noktasına bakacak şekilde, teleskobu yerin dönüşüne paralel olarak düzgün bir şekilde çevirecek karmaşık ve hassas mekanizmalarla birlikte kurulurlar. Bu tür bir teleskobun, uzak bölgelere götürülüp orada yeniden kurulabilmesi imkansızdır. Bunun yerine görüntülerin, asılı bir ağırlıkla denetim altında tutulan ve ışığı

---

* **Fotoğraf Camı** Fotoğrafcılıkta kullanılan, bir yüzü duyarlı kimyasal maddelerle kaplı ince cam levha.(Y.N.)

teleskobun içine yansıtan hareketli bir aynaya dayanan düzenekler (coleostats) sayesinde sabit tutulması sağlanıyordu. Bu aynalar da, aynı kontrol mekanizmaları gibi bir başka bozulma (distortion) kaynağıydılar.

Doğal olarak bu sorunların en başında hava durumu değişiklikleri yer alıyordu. Eğer göğü bulutlar kaplamışsa bütün hazırlıklar boşa gidiyordu. İlk araştırmalara hava durumu engel olmuştu (diğerlerine ise I. Dünya Savaşı). Böylesi bir durumda bulutlar Eddington'ın teleskoplarından en azından birinin ölçümlerini, kullanımını tam olarak önlememekle beraber, sınırlamıştır.

Bilimadamları, iyi ki bu gibi sorunlarla karşılaştıklarında tamamen çaresiz değillerdi. Yıldız fotoğrafları bazıları güneşe yakın, bazıları ise uzak yıldızları içeriyordu. Kurama göre yerdeğiştirmeye uzak yıldızların uğraması gerekiyordu. Odak uzunluğunun değişmesi ve benzeri şeylerin teleskop üzerindeki etkisi, kendini aslında yerdeğiştirmemiş yıldızların görünen yer değiştirmesi gibi göstermeliydi. Böylece bu istenmeyen etkilerin ölçülmesiyle, "gerçekten yerdeğiştirmiş" yıldızların hesaplanmalarındaki bu tür bir etkiyi karşılamak mümkün olmalıydı. Ortaya çıktı ki, bilinen bütün sahte etkileri denetim altına almak için, aynı görüntüde "yerdeğiştirmemiş" en az altı yıldızın bulunması gerekiyordu. Fakat deneyin bu bölümünde bile hata olabiliyordu. Sahte etkilerin tahmin edilmesi, hataların istatistiksel dağılımı üzerine yapılan varsayımlara bağlıdır. Anlaşılıyor ki, Eddington'ın gözlemleri sadece teleskopla bakıp bir yerdeğiştirme görmekten ibaret değildi; iki fotoğraf kümesinden interpolasyon yoluyla yapılan çıkarımlar, varsayımlar ve hesaplamalardan oluşan karmaşık bir yapı üzerine kurulmuşlardı. Bu, fotoğrafların gayet temiz ve net olduğu durumlarda bile -ki öyle değillerdi- böyleydi.

Bilimsel Yolculuklar ve Gözlemleri

Eddington gözlemleri gerçekte biri iki, diğeri ise tek teleskoplu, iki ekiple gerçekleştirilmiştir. İki ekip farklı farklı yerlere yolculuk yapmışlardı. 1918 ayının Mart ayında, A. Crommelin ve C. Davidson Sobral'a (Brezilya) yelken açarken, Eddington ve yardımcısı E. Cot-

tingham, Batı Afrika kıyıları açıklarında bir ada olan Principe'e gittiler. Sobral ekibi yanlarında bir "astrografik" teleskop ile 4 inç'lik (yaklaşık 10 cm.) teleskobu götürdüler. Bu ekip güneş tutulması sırasında astrografik teleskopla 19, 4-inç teleskopla ise biri bulutların azizliğine uğramış sekiz görüntü elde ettiler.

Principe ekibinin yanında astrografik teleskop vardı. Tutulma günü her yer bulutlarla kaplı olmasına rağmen, fotoğraf çektiler ve onaltı görüntü elde ettiler. Bunlardan, beş yıldızı gösteren yalnızca iki tanesi kullanılmaya elverişliydi. Her iki ekip karşılaştırma amacıyla kullanacakları diğer fotoğrafları ise birkaç ay sonra -her ikisi de aynı anda olmak üzere- Sobral ve Oxford'da (Eddington ekibi) çektiler.

En iyi fotoğraflar, hiçbiri tam görüntü vermemekle birlikte, Sobral'daki 4-inç teleskoptan çıkmıştı. Bu görüntülere ve onlardan faydalanılarak yapılan karşılaştırmalara bakarak, Crommelin ve Davidson, yıldızlardan gelen ışığın tam güneş kenarında 1.86 ile 2.1 saniye arasındaki açılarla saptırıldığını hesapladılar. (Sözkonusu aralık "olası hata" (probable error) hesaplamalarına dayanarak elde edilmiştir.) Einstein'ın öngördüğü sayı ise 1.7 idi. Astrografik görüntülerin daha az doyurucu olmalarına rağmen, Sobral ekibi bunların 18 tanesine dayana-

Sobral ve Principe Gözlemlerine Ait %10 Güvenilirlik Aralığı:

	Alt Sınır	Ortalama	Üst Sınır
Sobral			
8 iyi görüntü	1.713	1.98	2.247
18 kötü görüntü	0.140	0.86	1.580
Principe			
2 kötü görüntü	0.944	1.62	2.276

rak yaptığı hesaplamalarda 0.86 saniyelik ortalama bir değere ulaştı. Bu değer Newton'un bulmuş olduğu 0.84 değeriyle karşılaştırılabilir (olası hata aralıkları bu alet için belirtilmemişti). Böylece kabaca denebilir ki, Sobral aletlerinden biri Newton'un kuramını desteklerken, diğeri Einstein'ın kendi kuramına dayanarak yaptığı öngörüye yaklaşıyordu. Ancak bunlardan ikincisine verilen destek, 4-inç teleskobun tartışmasız bir şekilde aşırı yüksek bir değer vermiş olduğu gerçeğiyle zayıfladı. Newton'a verilen destek de biraz sorunluydu, çünkü astrografik teleskoptan alınan fotoğraflar oldukça kötüydü.

Principe gezisinden elde edilen iki görüntü hepsinin en kötüleriydi. Yine de Eddington bu görüntülerden, yerçekimi etkisi için bir değer olduğunu varsayan karmaşık bir yöntem kullanarak bir sonuç elde etti. İlk başta Einstein'ın ve Newton'un değerleri arasında ortalarda bir değer kullandı ve daha sonra bu yöntemi Einstein'ın sayılarını kullanarak yineledi. Bu varsayımların ne gibi bir farka yolaçtıkları belli değildi. Ama belirtmek gerekir ki Einstein'ın türetimi, Eddington'ın yönteminde, görünen yerdeğiştirmenin ilk baştaki hesaplanmasında rol oynamıştır. Eddington iki görüntüyü kullanarak, tam güneş kenarındaki yerdeğiştirmenin 1.31 ve 1.91 saniye arasında olacağını hesapladı.

Biz her iki ekibin "olası hata" hesaplamalarını günümüzün standart sapmalarının diline çevirirsek, Sobral astrografik teleskobu için interpolasyon yoluyla bir standart sapma bulabiliriz. Sobral gözlemlerindeki standart sapmalar, iyi görüntüler için 0.178 astrografik teleskop için 0.48, Eddington görüntüleri içinse 0.444'dür. (Bu hesaplamalar John Earman ve Clark Glymour'a aittir.) Modern bir yaklaşım, ölçme hatalarının rastgele bir dağılım gösterdiğini varsayarak, doğru yanıtın ortalama değerden, standart sapmanın 1.5 katından fazla, ancak %10 olasılıkla sapacağını söyler. Bunu aklımızda tutarak, elimizde bulunan bilgileri, standart sapmanın 1.5 katına karşılık gelen aralığı da bu arada belirterek toparlamaya çalışalım:

Eğer kuramı ve ondan türettiğimiz sonuçları bir an için unutup, ölçümleri sanki hipotezden haberimiz yokmuş gibi yaptığımızı varsayalım. Bu aslında ilaç ve benzeri şeylerin etkisini ortaya çıkarmak için

yapılan bir tür "iki kez körlemesine sınama" (double blind testing) dan başka birşey değildir. Bu durumda hangi sonuca ulaşacaktık? Diyebilirdik ki, kötü görüntülerin oluşturduğu iki küme birbirini yokedecek ve geriye kalan kanıtlar yerdeğiştirmenin 1.7'den büyük olduğunu gösterecekti. Ya da Sobral'dan gelen sekiz iyi görüntünün 1.7 ile 2.3, Eddington'ın elde ettiği iki kötü görüntünün 0.9 ile 2.3, Sobral görüntülerinin de 0 ile 1.6 arasındaki kaymalara (değerlere) uygun olduğunu söyleyebilirdik. Her iki durumda da açık bir yanıt vermek zor olurdu. Bütün bunlara rağmen, 6 Kasım 1919 tarihinde astronom Royal gözlemlerin Einstein'ın kuramını doğruladığını bildirdi.

Sonuçların Yorumlanması

Bu sonuçların hangi soruya yanıt olduklarını bulabilmek için, zaten birbiriyle yarışan topu topu üç tane olasılığın olduğunu görmek gerekti: ya hiç sapma yoktu, ya Newton'un öngördüğü kadar bir sapma vardı, ya da Einstein'ınki kadar. Eğer o zamanlar "hipotezler uzayı"nda başka olası yerdeğiştirmeler bulunsaydı, bu kanıtlar daha çok onlardan birini doğrulamaya yarayacaktı. Örneğin hipotezlerden biri, yerdeğiştirmenin yaklaşık iki saniye olduğunu söyleseydi, 4-inç'lik Sobral teleskobunun en iyi sonuçlarının bunu doğruladığı söylenebilirdi. O zamanlar daha başka savlar da ortaya atılmıştı, fakat tartışmanın yapılış biçimi onları dışlayarak yapılan sınamanın yalnızca üç olasılıktan birinde karar kılmamıza yarayacağı sonucuna vardı. Bunlar 0.0 , 0.8 ve 1.7 idi.

Şimdi diğer bütün olasılıkları bir kenara bırakalım. Acaba sonuçlar, hiçbir kuşkuya yer bırakmayacak bir şekilde Einstein'ı mı destekliyor dersiniz? Bunun yanıtı hayırdır. Gözlemlerin Einstein'ı desteklemelerini sağlamak amacıyla, Eddington ve diğerleri 4-inçlik Sobral teleskobunu temel aldılar ve iki Principe görüntüsünü de buna destek olması için kullandılar. Sobral astrografik teleskobu ile alınan 18 görüntüyü ise görmezden geldiler. Astronom Royal'ın açıklamasını izleyen tartışmada, bilim otoritelerinin yayınlarının daha çok öne çıktığı görü-

nüyordu. 6 Kasım 1919 tarihinde Royal Society'nin başkanı Sir Joseph Thomson yönettiği bir toplantıda şöyle der: "İzleyicilere bizlerden önce ortaya konmuş bir takım sonuçların anlamını tartışabilmek zor gelebilir, ancak astronom Royal ve Prof. Eddington bunların hepsini dikkatle incelediler ve kanıtların kesin bir şekilde yerdeğiştirmenin büyük olan değerini desteklediği sonucuna vardılar." (Earman ve Glymour'daki bir alıntıdan, 1980, s. 77)

1923 yılında Amerikalı eleştirmen W. Campbell ise şöyle yazıyordu:

> "Prof. Eddington Afrika'daki belirlemelere ağırlık vermeye eğilimliydi, fakat az sayıdaki astrografik çekimlerdeki birkaç görüntünün, Brezilya'da alınmış astrografik görüntüler kadar iyi olmaması ve bunlardan ikincisinin sağladığı sonuçlara neredeyse hiç yer verilmemesi, durumun mantığını tam olarak kavramamıza engel olmaktadır." (Earman ve Glymour'dan bir alıntıdan, 1980, s. 78)

Eddington 'sistematik bir hata' içerdiklerini öne sürerek, Sobral astrografik teleskobundan elde edilen sonuçların göz önüne alınmamasını haklı çıkarmaya çalıştı. Bunu yaparken hataların ortalama değer yakınlarında rastgele dağıtılmayıp, küçük olan değere göre kaydırılması ile ilgili bir sorundan bahsetti. Eğer bu sav gerçekten yalnızca Sobral astrografik teleskobu için doğru, diğer iki sonuçlar kümesi için doğru değilse, Eddington sonuçlara yaptığı muamelede haklı çıkıyordu. Ancak görünen odur ki, o sıralar bunun gerçekten böyle olduğunu gösterecek inandırıcı bir kanıt elde edememişti.

En sonunda, Eddington bilimsel yolculukları ve bunların ne anlama geldiklerini açıklayan standart çalışmalarını yazarak zaferini kutladı. Bu çalışmalarda, Sobral astrografik teleskoptan alınan onsekiz görüntüyü hiçe sayarak, yalnızca 4-inç'lik teleskobun 1.98'lik sonucunu ve kendisinin iki görüntüsünden elde edilen 1.671 değerini kullandı. Sadece bu iki rakkam 0.8 civarında olan Newton öngörüsü ile yaklaşık 1.7 olan Einstein öngörüsü ile karşılaştırıldığında, varılacak sonuç kaçınılmaz oluyordu. Ancak Eddington, astronom Royal ve bilim dünya-

sının arta kalanının gözlemlerin ne olması (nasıl anlaşılmaları) gerektiğini belirleyinceye kadar, ortada gözlemlerin kendisiyle ilgili kaçınılmaz olan hiçbir şey yoktu. Basitçe denebilir ki, bu kişilerin hangi gözlemlerin işe yaradığı ve hangi sonuçların atılması gerektiğine karar vermeleri gerekiyordu; ancak bu sayede gözlemler gerçekten bize işe yarar sayılar sunabilirdi.

1922 ve 1958 yılları arasında on adet güneş tutulması gözlemi daha gerçekleştirildi. Bunlardan yalnızca biri, 1929 yılında güneşin kenarına iki güneş yarıçapından daha yakın bir yıldızı gözlemleyebilmeyi başarabildi ve bu tam kenar üzerindeki yerdeğiştirmenin 2.24 saniyelik bir açı kadar olduğunu söylüyordu. Diğer dokuz gözlemin sonuçları da Einstein'ın değerine yaklaşıyordu. Einstein değerine inanmak için başka nedenler varsa da, görülebilir bir yıldızın ışığının güneş tarafından eğilmesini gösterir kanıt, en azından 1952 yılına değin, ya kesin değildi, ya da kuramla uyuşmayacak kadar yüksek bir değere işaret ediyordu. Bugün ise hala 1919 yılı, görecelik kuramı için bir dönüm noktası olarak görülür. Yoksa bu, bilimin kahramanlık gösterilerine devam edebilmek için kesin tarihlere ihtiyaç duymasından mı kaynaklanıyor dersiniz?

1. ve 2. Bölümlere Sonuç

Bütün bunları Einstein kuramının yanlış olduğunu, ya da güneş tutulması gözlemlerinin 20. yüzyılda yaşanan, doğayı anlama biçimimizde gerçekleşen büyük değişikliklerin göz alıcı ve çarpıcı bir unsuru olmadığını iddia etmek için söylemedik. Ama deneylerin neye benzediğini bilmemiz gerekir. Bir öngörünün güya mantıksal çıkarımını, onun basit bir gözlem yoluyla sınanmasının izlediğini sanmak yanlıştır. Bizim gördüğümüz, kültürel değişikliğe yapılmış kuramsal ve deneysel katkılardır. Gözlemler sonucu gerçekleşen bu kültürel değişiklik, dünyayı gözlemleme biçimimizi belirler.

1919 yılı gözlemlerinin Michelson-Morley deneyine nasıl uyduğu açıklığa kavuşturulmalıdır. Bunlar birbirini karşılıklı olarak güçlendir-

mişlerdi. Görecelik, temellerini Michelson-Morley anomalisini giderek sağlamlaştırmıştı. Kuram güçlü olunca, 1919 yılındaki gözlemleri anlamamıza yardım edecek doğal bir model olarak görülmüştü. Bu gözlemler sonradan göreceliği daha da güçlendirmiş ve model sıra 1925 yılındaki Miller gözlemlerini açıklamaya geldiğinde, daha da belirleyici olmuştu.

Bütün bunlar olurken görecelik başka biçimlerde de sınanmaktaydı. Görecelik bu sınamalara, bunların kendi aralarında sahip oldukları-nın aynısı bir karşılıklı güçlendirme ilişkisine sahipti. Örneğin 'kırmızıya kayma' gözlemleri vardı. Einstein'ın kuramı güneşten gelen ışığın, güneşin kendi çekim alanından etkileneceğini ve bu yolla bütün dalgaboylarının, ışık tayfının kırmızı tarafına doğru hafif kayacağını söylüyordu. Bu konudaki sayısal tahminlerin türetimi, ışık ışınlarının eğilme hesaplamalarından daha fazla zorluklarla karşı karşıyaydı. 1919 yılından önce ve sonra gerçekleştirilmiş deneysel gözlemler de pek sonuç vermemişti. Güneş tutulması gözlemlerinin yorumlanmasının, oldukça güvenilir bir şekilde Einstein'ı haklı çıkarmasından sonra, bilim adamları önceleri karışıklıktan başka birşey göremedikleri yerde, birden kırmızıya kayış öngörüsünün doğrulanmasını gördüler. Aynı beşinci bölümde tartışılan kütleçekimsel ışınım (gravitational radiation) örneğinde olduğu gibi, sağlam bir hükmün ortaya atılması, hükme ulaşmamızı sağlayan sağlam dayanaklar ortaya çıkarır. Kristal tohumu bir kez oluştuğunda, bunun etrafında yeni bir bilim kültürünün kristalleşmesi hızlı olur. Kırmızıya kaymanın varlığı konusundaki kuşkular yerini kesinliğe terk etmişlerdir. Eddington gözlemlerinin birçok kayıtlarını ödünç aldığımız John Earman ve Clark Glymour bunu şöyle açıklıyorlar:

> "Einstein'ın öngördüğü kadar kaymaya uğradığı savlanabilecek birkaç tayf çizgisi aslında hep vardı. Kırmızıya kayma öngörüsünü kabul ettirmek için gereken, kayıtların büyük bir bölümünü bir kenara atabilme kararlılığı ve böyle yapmayı haklı çıkarabilecek argümanları üretebilme ustalığı

idi. Tutulma gözlemleri, spektroskopi uzmanlarına bu kararlılığı sağladı. 1919 yılından önce hiç kimse sözkonusu büyüklükteki tayf kaymalarını bulabilmiş değildi; fakat tutulma sonuçlarının açıklanmasından sonraki bir yıl içinde birçok araştırmacı Einstein etkisini bulduğunu bildirdi. Kırmızıya kayma doğrulanmıştı, çünkü birçok ünlü kimse gözlemlerin önemli bir kısmının geçersiz sayılmasında anlaşmışlardı. Böyle yapmalarının bir nedeni kurama olan inançlarıydı. Kurama inanıyorlardı, bunun da nedeni, en azından kısmen, Britanya'da yapılan tutulma gözlemlerinin kuramı doğruladığını düşünmeleriydi. Ancak tutulma araştırmaları, gözlemlerin bir kısmının atılması ve geri kalanlar içindeki birtakım olumsuzlukların görmezden gelinmesi şartıyla kuramı doğruluyorlardı." (Earman ve Glymour, 1980, s. 85)

Böylelikle Eddington ve astronom Royal daha sonra başka temizliklere de (birtakım gözlemleri yok sayma ve olumsuzlukları görmezden gelme) yolaçacak olan kendi temizliklerini gerçekleştirdiler. Sonuçta bunların hepsi bizi kırmızıya kaymanın varlığı sonucuna götürdü ki bu da zaten ta en baştaki temizlik işlemlerini haklı çıkarıyordu. Bu gözlem kümelerin herhangi ikisinin arasındaki ilişki için ne geçerliyse, o sıralar yapılmakta olan tüm görecelik testleri için de aynı şey geçerliydi. Hiçbir deney tek başına ele alındığında diğerlerinden ayrılan bir kesinlikte görünmüyordu, ancak hepsi birlikte ezici bir ağırlığa sahip oluyorlardı. Böylece bilimsel kültür, bizim bugün uzay, zaman ve çekim hakkında bildiğimiz gerçeklere dönüştü. Bu süreci merkezci bilimsel konsesüsün -bir zamanlar benzeri Sovyetler Birliği'nde vardı- siyasi yönüyle karşılaştıralım; bu önceden belirlenmiş konumlarını serbestçe edinen bilim adamları için gıpta edilecek kadar 'bilimsel' dir. Geri kalan küçük bir azınlık ise aynı görüşte değildir. Bir de bunu, körlemesine yapılan ve böylece gözlemcinin taraf tutmasını önleyen deneylerden oluşan idealize edilmiş bilimsel 'yöntem' nosyonu ile karşılaştıralım; bu daha çok politikaya benzer.

Göreceliğin -ki aslında o çok güzel, hoş ve şaşırtıcı bir gerçektir- gerçeğin kendisinden başka birşey olduğunu düşünmek için elimizde geçerli bir neden yoktur, fakat bu gerçek bilimsel yaşamın nasıl yaşanması gerektiği ve hangi bilimsel gözlemlere izin verileceği konusunda alınmış kararların, yeni şeyler üzerinde anlaşmak için yapılmış bir anlaşmanın sonucudur. Yoksa çok kesin deneylerin amansız mantığının zorlaması sonucu değildir.

İkinci Bölümün İkinci Kısmına Ek

Tarihin akışı içerisinde tıpkı bilimde olduğu gibi, gerçekler en azından kısmen, kendilerini haklı çıkaracak biçimde konuşmazlar. Prof. Earman ve Glymour'un kullandıkları veriler üzerindeki yorumları, bu kitabın vardığı sonuçlara tam olarak uymayabilir. Bu Earman ve Glymour'un bilim doğası üzerine, bizim -onların kayıtlarına sadık kalmaya özen gösterirken- bağlı olduğumuz görüşlerden farklı görüşlere sahip olmalarındandır. Yapabildiğimiz heryerde konuyu herkesçe anlaşılır ve açık bir hale getirdik ve onların malzemelerini elimizden geldiğince tahrif etme olasılığından kaçınmaya çalıştık.

Bu bölümde Earman ve Glymour'un özgün yapıtına en yakın kısım, 'Deneyin Doğası' altbaşlığı ile başlayıp, aşağıdaki cümle ile biten paragrafla sonlanan satırlardır. "Ancak görünen odur ki, o sıralar bunun gerçekten böyle olduğunu gösterecek inandırıcı bir kanıt elde edememişti." Diğer yerlerde, başka kaynaklar ve daha çok kendi yorumumuz işe karışmıştır.

Belki de Earman ve Glymour'un kendi vardıkları sonucu, salt onlara haksızlık olmasın diye burada alıntılıyabiliriz:

> "Böylesi ilginç nedenlerden ötürü bilimde bir nesnellik ve akılcılık modeli görenlerin bir bölümü umutsuzluğa kapılabilir. Bu ruh halini, Eddington'ın güzel olduğuna ve derinlik içerdiğine inandığı -ve belki de, eğer doğru olmuş olsaydı, dünya için daha iyi olacağını düşündüğü- için gönül-

den bağlı olduğu kuramın bildiğimiz kadarıyla bugün hala uzay, zaman ve çekim hakkındaki gerçekleri içinde barındırdığını hatırlayarak hafifletmek gerekir." (s. 85)

Doğru anlaşılması şartıyla, bu yazılanlarla aynı düşüncede olmamak için bir neden göremiyoruz.

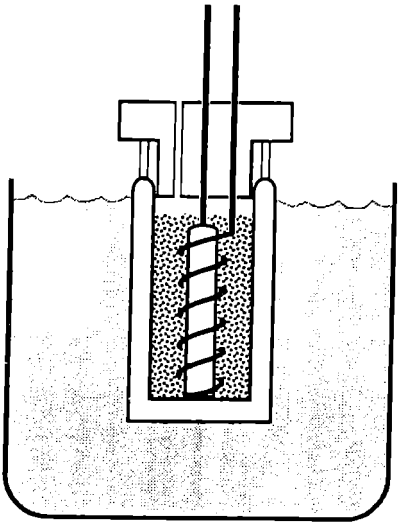
III
Test Tübündeki Güneş: Soğuk Füzyonun Öyküsü

Utah Üniversitesi'nde çalışan iki kimyager, 23 Mart 1989 tarihinde dünya basınına füzyonu*, diğer bir deyişle deney tübü içerisinde hidrojen bombasının gücünü denetim altına aldıklarını açıkladıklarında, bilimsel bir 'altına hücum' olayına yolaçtılar. Üstelik altın heryerde, en azından iyi donanımlı bir laboratuvarda bulunabiliyordu. Bu iki bilimadamı Martin Fleischmann ve Stanley Pons'tu.

Alet oldukça basitti (Bakınız Şekil 3.1): bir beher (bardak) ağır su - ki bu bildiğimiz suya benzer, tek farkı hidrojen atomlarının yerinde döteryum adı verilen "ağır hidrojen"in bulunmasıdır- katot diye adlandırılan palladyum "elektrot" ve anot dediğimiz platin elektrottan oluşuyordu. Az bir miktar "tuz" yani lityum-döteroksit ağır suya, iletken görevi görmek üzere eklenir. Bu maddeler hergün kullandığımız ucuz maddelerden olmasalar da, günümüz bilim adamları için oldukça tanıdık isimlerdir, yani aletin hiçbir egzotik tarafı yoktur. Bu "pil"e birkaç yüz saat süresince düşük bir gerilim uygulanır ve sözü edilen altın elde

---

* **füzyon** - birkaç hafif atom çekirdeğinin tek bir çekirdek halinde birleşmesi. (Ç.N.)



Şekil 3.1 Soğuk Füzyon Pili (Close'dan alınarak (1991, s. 76) Steven W. Allison tarafından yeniden çizilmiştir).

edilir: soğuk füzyon. Ağır hidrojen atomları, ısı açığa çıkararak birarara ya gelip, helyum atomlarına dönüşürler; güneş de enerjisini bu yolla elde etmektedir. Füzyonun gerçekleştiği, ısı ile nötronlar (atomaltı parçalar) ve süper ağır hidrojen atomu (trityum) kalıntıları gibi, çekirdek tepkimelerinde açığa çıkan yan ürünlerden anlaşılır.

Pons ve Fleischmann, bu büyük başarılarının kayıtlarına düştükleri merak uyandıran bir notta, deneyin yalnız küçük ölçeklerde gerçekleştirilmesi yolunda uyarıda bulunmayı ihmal etmediler. Buna göre kullandıkları ilk pilllerden biri gizemli bir şekilde patlamış ve palladyumu buharlaştırarak, laboratuvarın beton tabanında kocaman bir delik açmıştı. Şans eseri olay gece olmuş ve kimse yaralanmamıştı.

Deney oldukça basit görünüyordu ve deneyi yapmak isteyen çok fazla sayıda bilimadamı vardı. Birçokları denemeyi gerçekleştirdi. On-

yıllarca süren, sıcak füzyonu denetim altına almaya yönelik yüz ağartmayan denemelerden sonra, çok basit ve laboratuvarda denenebilecek bir füzyon deneyine sahip olmak muhteşemdi. Sürekli beklenmedik bir hata ile başarısızlığa uğrayan sıcak füzyon denemeleri, milyonlarca dolar değerindeki makinalara gereksinim duyuyordu. "Soğuk füzyon" ise, Martin Fleischmann'ın ünlü Utah basın toplantısında kullandığı deyimle "başka bir yol"u, küçük bilimin yolunu olanaklı kılıyormuş gibi görünüyordu.

Bütün dünyadaki bilimadamları hemen deney hakkında bilgi toplamaya giriştiler. Ayrıntılar hakkında bilgi edinmek zordu. Faks, elektronik posta ağları, gazete ve televizyon gibi araçların hepsi bunda önemli rol oynadılar. Bazı bilimadamları ise ayrıntıların ellerine ulaşmasını beklemediler. Aletin açık bir şekilde tanıtıldığı televizyon haber programının video kaydına dayanarak, hemen o gece MIT (Massechusets Institute of Technology)'deki bazı girişimci öğrenciler, deneyin ilk benzerlerini gerçekleştirmeye başladılar. Pons ve Fleischmann'ın deneyi gerçekleştirdikleri şartlar daha tam olarak bilinmediğinden, bu tür deneylerin başarı şansı pek yoktu. Birinci bölümde anlatılan solucan yetiştirme deneyleri gibi soğuk füzyon deneyleri de, -en azından bilimadamlarının bir palladyum-döteryum elektrolitik pilinin ne kadar karmaşık olabileceğini anlamaya başlamalarından önceki günlerde- ilk bakışta çok basitmiş gibi görünmelerinin kurbanı oldular. Bir hafta içinde deneyin teknik ayrıntılarını içeren, el yazısı bir belgenin fotokopisini bulmak mümkün hale geldi. Artık herkes büyük bir hızla, deneyi laboratuvarda gerçekleştirmeye girişmişti. Çok miktarda palladyum maddesi satın alındı ve donanımın parçaları heryerde aranır oldu. Birçokları gecelerini elektrolitik pillerinin başında geçirdiler. Ne bilim, ne de olayın gelişimiyle ilgili yeni ayrıntıları ve değişiklikleri sürekli geçen dünya basını, böyle birşeye tanık olmuştu. Bilimadamları son bulgularını ve tahminlerini açıklamak üzere kuyruğa girmiş ve bilim, basın toplantıları yolu ile yapılır hale gelmişti.

Bir süre soğuk füzyon gerçekmiş gibi görünmeye devam etti. Şaşırtıcı bir şekilde, ilk açıklamayı izleyen hafta içerisinde Utah'da bir

değil iki soğuk füzyon ekibinin olduğu ortaya çıktı. İkinci bağımsız ekip, yakınlardaki Brigham Young Üniversitesi'nde bulunuyordu ve onlar da üç yıldan beri olumlu sonuçlar elde etmekteydiler. Fizikçi Steven Jones başkanlığındaki bu ekip, bir ısı çıkışı gözlemlememiş, fakat soğuk füzyon pilinde -Pons ve Fleischmann tarafından açıklanan düzeyin çok altında da olsa- nötronlar belirlemişti. Her iki ekip de sonuçlarını, saygın bir bilim dergisi olan *Nature* dergisine iletmişlerdi.

Hemen arkasından Texas A&M, beklemekte olan medyaya soğuk füzyon pilinde ısı çıkışı gözlemlediklerini bildirdi. Georgia Tech de buna, nötron tesbit ettiklerini söyleyerek katıldı. Macaristan ve Doğu Avrupa'daki diğer yerlerden de olumlu sonuçlar geldi. Olumlu sonuç söylentileri bütün bilim dünyasından gelmekteydi ve Japonlar kendilerine ait büyük bir araştırma programını başlatmak üzereydiler.

Patent kayıtları, Utah Üniversitesi'nce Pons ve Fleischmann adına yaptırıldı. Gerçekte, sonuçların bilimsel bir dergide yayınlanmadan önce basında çıkması -ki bu, bilimadamlarının aleyhine olan ve saygınlıklarına gölge düşüren bir hareketti-, komşu Brigham Young Üniversitesi ekibinden önce davranmak isteyen Utah Üniversitesi'nin işiydi. Eyalet Meclisi'nin toplanarak soğuk füzyon denemeleri için beş milyon dolarlık fon ayrılmasına karar alması nedeniyle Utah, neredeyse bir Altına Hücum Eyaleti haline gelmek üzereydi. Kongreye ek bir yirmi beş milyon dolarlık fon için başvuru yapıldı. Başkan Bush bile gelişmelerden son derece etkilenmişti ve tebriklerini yolluyordu.

Ancak sonradan birtakım kuşkular belirmeye başladı. Nötron dedektörünün ısıya aşırı duyarlı olduğunun anlaşılması ile George Tech'in bir yanlışlık yaptığı ortaya çıkmıştı. Texas A&M'in ısı açığa çıkışına ilişkin ölçümleri de, yanlış topraklanmış sıcaklığa duyarlı bir aletten kaynaklanıyordu. MIT'deki ekiplerle Lawrence Livermore ve Oak Ridge gibi ulusal laboratuvarlar henüz birşey bulamamışlardı. Pons ve Fleischmann'ın makalesi, *Nature* dergisinden esrarlı bir şekilde geri çekildi. Kongre yirmi beş milyon doları askıya aldı.

Mayıs ayındaki Baltimore'daki American Physical Society toplantısında, zaten ilk günden beri gelişmeleri izlemekte olan basının da eş-

liğinde, eleştirel sesler daha yüksek çıkmaya başladı. Bir MIT ekibi, Pons ve Fleischmann'ın nötronlarla ile ilgili kanıtları yanlış yorumlamış olduklarını belirtti; California Institute of Technology (Cal Tech)'den saygın bir ekip, hepsi de olumsuz sonuçlanan kendi denemelerinin gayet ayrıntılı raporlarını sundu ve ısı çıkışı belirlemiş olan Utah ölçümlerinin doğruluğu konusunda kuşkulara yolaçtı; en son olarak da bir Cal Tech kuramcısı, soğuk füzyonun kuramsal olarak imkansız olduğunu bildirdi ve Pons ve Fleischmann'ı hile yapmak, yaptıkları işin ehli olmamakla suçladı. Pons ve Fleischmann toplantıya kendilerini savunmaya gelmemişlerdi, ama Utah'daki diğer soğuk füzyon ekibinden Steve Jones oradaydı. Ne yazık ki Jones bile, Pons ve Fleischmann'ın çalışmasına sahip çıkmadı ve ısı çıkışı ölçümleri konusunda kuşkuları olduğunu bildirdi.

Kimyacıların soğuk füzyon konusundaki olgunlaşmış varsayımları alaşağı edeceğine zaten kuşkuyla bakan fizikçilerin çoğuna artık yetmişti. En azından olayların gidişatından görüldüğü kadarıyla altın, aptal altını olmuştu. Göreceğimiz gibi, bu kitapta incelenen başka birçok konu gibi, daha söylenecek çok şey bulunmaktadır.

Küçük Bilimin Füzyona Uzanan Yolu

Soğuk füzyonun çıkışı ve inişinin seyri palladyumun fiyatlarına bakılarak anlaşılabilir. 23 Mart 1989 tarihinde keşfin açıklanmasından hemen önce fiyat, ons'u (yaklaşık 31.1 gram) 145.60 dolardı. 1989'un Mayıs ayında, soğuk füzyon heyecanının tüm hızıyla sürdüğü sıralarda, fiyat 170.00 dolara kadar yükselmişti. Fiyatlar Baltimore'daki Amerikan Fizik Birliği toplantısından hemen sonra yeniden düştü. Bugün (1992) fiyatların tekrar ons'u 95.00 dolara kadar gerilediğini görüyoruz.

Soğuk füzyon araştırmalarına hız kazandırmış olan, aslında palladyumun tek bir özelliğidir. Palladyum şaşırtıcı bir biçimde, çok fazla miktarda hidrojen emme yeteneğine sahiptir. Eğer bir parça palladyum, emebileceği kadar çok hidrojen ile -şarj altında- yüklenirse, kristal yapısının içindeki basınç aşırı derecede artar. Belki de yüksek ba-

sınç altında, çekirdeklerin normalde biraraya gelerek erimelerini önleyen normal pozitif yük eşiği (Coulomb eşiği) bile aşılabilir. Bu çok zahmetli bir işti, ama Pons ve Fleischmann'dan önceki bilimadamları da aslında hidrojen çekirdekleri arasında bu yolla füzyon oluşturmayı denemişlerdi.

1920'li yıllarda, maddenin atomik yapısının keşfinin hemen arkasından, Berlin'de çalışan iki Alman kimyacı, palladyum kullanarak hidrojeni füzyona uğratmayı denediler. Fritz Paneth ve Kurt Peters, füzyon olayı ile bir enerji kaynağı olmasından çok, hava taşıma araçlarında kullanılan helyumun üretiminde kullanılabilir olmasından dolayı ilgileniyorlardı. Alman Endüstrisi tarafından acil olarak yeni helyum elde etme yolları aranmaktaydı, çünkü ticari satıcı konumundaki ABD, I. Dünya Savaşı'ndan sonra Almanya'ya helyum satmayı reddetmişti. Paneth ve Peters palladyumun hidrojene olan ilgisini bildiklerinden, hidrojeni kızgın palladyum üzerinden geçirerek bir denemeye giriştiler ve az miktarda helyumun varlığını belirlediklerini bildirdiler. Ne yazık ki sonradan sözü edilen helyumun kaynağının, aletin cam duvarlarında emilmiş halde bulunan gaz olduğu ortaya çıktı. Yine de bu çalışmalar, başka bir buluşçu bilimadamı John Tanberg tarafından devralındı. Tanberg bir İsviçreli'ydi ve Stockholm'de Electrolux Corporation Laboratuvarları'nda çalışıyordu.

Tanberg'in, durup geriye baktığımızda altmış yıl sonraki Pons ve Fleischmann'ınkilere çarpıcı benzerlikte düşüncelere sahip olduğunu görüyoruz. Tanberg 1927 yılında, helyumu, suyun palladyum katotlu elekrolizi yoluyla elde edecek bir aygıtın patenti için başvurmuştu. Aygıtında, katotta üretilen hidrojen palladyumun örgü biçimindeki yapısına girmekte ve orada, emilme yüzünden oluşan yüksek basınçlar altında füzyona uğrayarak helyumu oluşturmaktaydı. En azından iddia buydu. Tanberg'in aygıtı ile, Pons ve Fleischmann'ınki arasındaki en büyük fark elektrolit olarak hafif suyun kullanılmasıydı. Tanberg'in patent başvurusu, açıklamasının fazla kabataslak olduğu gerekçesiyle reddedildi. Buna rağmen, 1930'lu yıllardaki döteryumun keşfinden sonra, Tanberg çalışmasına elektroliz yoluyla döteryuma doyurulmuş

palladyum telinde füzyon denemesine girişerek devam etti. Görünen o ki, -en azından helyum üretimi açısından- pek bir başarıya ulaşamadı.

Pons ve Fleischmann, 1984 yılındaki deneylerine başladıklarında daha önceki çalışmadan haberleri yoktu. Martin Fleischmann Britanya'nın en gözde bilimadamlarından biridir ve Amerikalı Stanley Pons'la, Southampton Üniversitesi'ne 1975 yılında doktorası için geldiğinde tanışmışlardı. Southampton'da Elektrokimya'nın Faraday Profesörü diye anılan Fleischmann, yüksek riskli bilimle uğraşan, cesur ve yenilikçi düşünce ve yaklaşımları olan bir bilimadamı olarak ünlenmişti. Gerçekte kariyerini bu tür çalışmalarla yapmış ve aldığı risklerden bazılarının karşılığını görmüştü. Fleischmann, 1986 yılında Royal Society'e kabul edilmesini sağlayacak bir dizi önemli buluşu gerçekleştirmişti.

Fleischmann'ın 1989 yılında Utah'ta bulunuşu, İngiltere Başbakanı Margaret Thatcher ile yakından ilgiliydi. Thatcher'ın 1983 yılında İngiltere üniversitelerine yapılan parasal desteği azaltması, kendisine maaşsız bir pozisyon ayrılan Fleischmann'ın Southampton Üniversitesi'nden erken emekli olmasına yol açtı. Fleischmann Utah Üniversitesi kimya bölümünde, kendi açısından üretken bir bilimadamı olan Pons'la bir ekip oluşturarak serbest araştırmacı olarak çalışmaya başladı. Keşif açıklandığında Pons 46, Fleischmann ise 62 yaşındaydı. Pons da yüksek risk taşıyan bilimsel çalışmaları başarılı bir biçimde yürütmekle tanınıyordu. Pons ve Fleischmann soğuk füzyonun uzun ve zahmetli bir iş olduğunun farkındaydılar. En azından trityum kalıntıları ve belki bazı nötronlar görebilmek umuduyla, deneylerine kendi ceplerinden ilk başlarda yüz bin dolar para harcamışlardı. Buldukları fazla miktardaki ısı çıkışı, onlar için tam bir sürprizdi.

Jones'un Rolü

23 Mart 1989 tarihli bildiri, Brigham Young Üniversitesi'nde Stevens Jones tarafından yönetilen diğer Utah ekibinin çalışmasına değinmeden anlaşılamaz. Bilim dünyası Pons ve Fleischmann'ın çalışmasını

pek tanımamakla birlikte, Jones'un gelişimini yıllardır izlemekteydi. 1982 yılında Jones ve çalışma arkadaşları, Los Alamos'taki parçacık hızlandırıcısı tarafından üretilmiş atomaltı parçacıklarca tetiklenen füzyonu bulmak için büyük bir deneysel çaba sarfetmişlerdi. Bu tür füzyonlara ilişkin, kurama dayanarak tahmin edebileceklerinden çok daha fazla kanıt bulmuşlardı, ama bunlar yeni bir enerji kaynağı için henüz yeterli değildi. Sıcak füzyon araştırmaları gibi, parçacıklarla irkilmiş (induced) füzyon da, ticari kullanım için şart olan enerji açığa çıkışı için umut kırıcı bir adım olmuştu.

Jones yüksek basınçların, hidrojen izotoplarının erimesinde nasıl etkili olabileceği konusunda da kafa yormuştu. Brigham Young Üniversitesi'nden jeofizikçi Paul Palmer'ın 1985 yılında, volkanların yakınlarında aşırı miktarda ağır helyum (helyum-üç) bulunduğuna dikkatini çekmesi, onun için bir esin kaynağı oldu. Palmer ve Jones bunun, normal suda bulunan döteryumun, yeraltındaki jeolojik şartlar sonucu uğradığı soğuk füzyon ile açıklanabileceğini düşündüler.

Brigham Young Üniversitesi ekibi, laboratuvarda jeolojik süreçleri oluşturmaya çalışarak, bu düşüncenin peşinden gitti. Kayalar içindeki kalıntıları füzyon olayında katalizör görevi görebilecek bir metal arıyorlardı. Tandberg'inkine benzer olan bir elektrolitik pil yaparak, elektrot olarak değişik maddeleri denediler. Onlar da hemen palladyumun, hidrojeni emme yeteneği ile en uygun aday olduğuna karar verdiler. Ekip, oluşabilecek her türlü füzyonu ölçebilmek için, düşük seviyedeki nötronları dahi belirleyebilecek bir dedektör yaptı ve 1986 yılında olağan düzeyin az üstünde nötron gözlemlemeye başladılar. 1988 yılına gelindiğinde, artık daha gelişmiş bir dedektör kullanıyorlardı ve nötron oluşumuna ilişkin kesin kanıtları bulduklarına iyice emindiler.

Jones bu araştırmayı, yakındaki Utah Üniversitesi'ndeki benzer çalışmalardan habersiz yürütmüştü. Görüş bildirmesi için kendisine Enerji Dairesi tarafından Pons ve Fleischmann'ın verdikleri araştırma önerisi gönderildiğinde, ilk kez 1988'in Eylül ayında onların deneylerinden haberdar oldu. (Pons ve Fleischmann, en sonunda resmi kuruşlardan parasal yardım almaya karar vermişlerdi.)

Birbirine bu kadar çok benzeyen çalışmalar yürütmeleri, her iki ekibin şanssızlığıydı. Soğuk füzyonun getireceği gayet açık olan ticari kazanç ve patent haklarının korunması gerekliliği, her iki ekibin arasında belli bir rekabet ve kuşku ortamının doğmasına yolaçmıştı. Sonuçların ortak yayınlanması konusunda tam olarak ne gibi bir anlaşmaya vardıkları konusu hala tartışmalıdır.

Öyle görünüyor ki, 1989 yılının başlarında Pons ve Fleischmann, kendilerine ölçümlerini iyileştirmek için zaman tanımak amacıyla, Jones'un on sekiz ay kadar bir süre sonuçlarını yayınlamadan bekleteceğini umuyorlardı. Pons ve Fleischmann, ısı çıkışını gözlemlediklerinden emin görünüyorlardı; fakat bunun çekirdek tepkimelerinden kaynaklandığını gösteren iyi kanıtlara ihtiyaçları vardı. Nötronların varlığına işaret eden kabaca alınmış bazı ölçümlere sahiptiler, ama daha kesin ölçümler gerekiyordu. Hatta Fleischmann, danışmanlığını yaptığı ve gayet duyarlı nötron dedektörlerinin bulunduğunu bildiği İngiltere'deki Harwell Laboratuvarı'na, bir soğuk füzyon pilini uçakla göndermeyi bile denedi. Ne yazık ki radyasyon riski taşıdığı ortaya çıkınca, pil uluslararası sınırlar üzerinden geçirilemedi. Pons ve Fleischmann bu deneylerde pili çevreleyen su kalkanı içinde etkileşimler gözleyerek, nötronları dolaylı olarak belirlediklerini söylediler. Daha sonraları MIT ekibince karşı çıkılan işte bu aceleye getirilmiş ölçümlerdi ve Utah deneylerinin Aşil topuğunu oluşturuyorlardı.

Pons ve Fleischmann, Jones'un zamanı gittikçe yaklaşan açıklamasının baskısı altındaydılar. Jones, Mart ayındaki bir semineri iptal etmesine rağmen, sonuçlarını 1 Mayıs'taki Amerikan Fizik Birliği toplantısında açıklamayı planlıyordu. Pons ve Fleischmann hak kaybına uğramamak için Jones'la, her iki ekibin makalelerinin *Nature Dergisine* 24 Mart'ta gönderilmesini kararlaştırdılar.

Ancak Mart ayında ekipler arasındaki iletişim koptu. Jones konuşmasını Mayıs ayında yapacak olmasına rağmen, konuşmanın içeriği önceden açıklanmıştı. Pons ve Fleischmann görüldüğü kadarıyla, bunu kendilerinin de bir açıklama yapmalarına izin çıkmış gibi yorumladılar. Bunun yanısıra Utah Üniversitesi'ndeki ekip, Enerji Dairesi aracı-

lığıyla zaten daha önceden çalışmalarından haberdar olan Jones'un, ısı çıkışı konusundaki kendilerine ait düşünceleri çalmış olabileceği telaşına kapılmıştı. Diğer bir ortalığı karıştıran etken de, Mart ayında *Journal of Electroanalytical Chemistry* yayıncısından gelen, son çalışmasıyla ilgili bir makale yazması ricası idi. Pons hemen soğuk füzyon deneylerinin bir tarihçesini kaleme alarak dergiye ulaştırdı. Daha sonra ellerde dolaşan ve deneyler hakkında ilk teknik ayrıntıları sağlayacak olan, 1989'un Nisan ayında yayınlanan bu makaleydi.

Utah yönetiminin artan baskıları altında, Pons ve Fleischmann bir adım daha atarak, 23 Mart'ta (*Nature Dergisi*'ne makalelerin gönderilmesinin planlandığı tarihten bir gün önce) bir basın toplantısı düzenlemeye karar verdiler. Fleischmann'ın bir İngiliz gazeteciye sızdırdığı bilgi sayesinde, keşfin ilk açıklaması İngiliz *Financial Times* gazetesinde 23 Mart gününün sabahı yayınlandı. Hemen ardından bütün dünya basını Utah'taydı. Basın toplantısında öbür Utah ekibinden hiç sözedilmedi.

Hem basın toplantısının yapılması, hem de makalelerin zamanından önce postaya verilmiş olmasından dolayı öfkelenen Jones, anlaşmanın bozulduğunu düşünerek hemen kendi makalesini *Nature Dergisi*'ne postaladı. İki Utah ekibi arasındaki iletişim bozukluğunu herhalde hiçbirşey, 24 Mart'ta kararlaştırılan saatte, Salt Lake City Havaalanı'ndaki Federal Express bürosunda Jones'un ekibinden birinin gelmesini boşuna beklemekte olan Martin Hawkins'in (Pons ve Fleischmann ile çalışan bir doktora öğrencisi) yalnız silüeti kadar iyi betimleyemez. Buluşma yerine kimse gelmedi ve yalnızca Pons'la Fleischmann'ın makalesi postalandı.

Sürüp Giden Bilimsel Tartışmalar

Soğuk füzyon üzerine uzun tartışmalara, Pons ve Fleischmann'ın sonuçları neden olmuştu. Jones tarafından belirlenmiş nötron seviyeleri aşağılarda kalmış ve o ısı çıkışı gözlemlediğini hiç iddia etmemişti. Ayrıca Jones'un sonuçları sözü edilen kuramsal saldırılarla da karşılaş-

mamıştı. Bundan başka Jones, Pons ve Fleischmann'dan farklı olarak işin ticari uygulanabilirlik kısmına fazla değinmemişti.

Bilimadamlarının hiç istemeden içine giriverdikleri uzun bilimsel tartışmaların, ulaştıkları sonuçların inandırıcılığı üzerindeki zararlı etkisi, Jones'un sonuçlarının açıklanmasıyla iyice ortaya çıktı. Kendi alanında önceden kazanılmış ününü, sonuçlarının yolaçtığı kuramsal sorunların azlığını ve sonuçlarını sunarken takındığı alçakgönüllü tavrı gözönüne alarak, -eğer Pons ve Fleischmann diye birileri hiç olsaydı- pek az kişinin Steve Jones'un sessizce, doğa hakkında ilginç bir gerçeği ortaya çıkarmış olduğundan kuşkusu olacaktı: Palladyum metalinde az miktardaki döteryumun füzyonu.

Diğer Utah ekibi ile arasına mesafe koymaya çalışmasına rağmen, Jones da kaçınılmaz olarak aynı kuşkularla karşılandı. Ona ait nötron ölçümleri konusunda soru işaretleri belirdi ve füzyonu gerçekten gözlemiş olup olmadığı üzerine bir görüş birliği sağlanamadı.

Pons ve Fleischmann füzyon araştırmaları alanında, Jones gibi kazanılmış bir üne sahip değillerdi; onlar fizikçi değil kimyacıydılar. Üstelik fizikçilere kuramsal olarak imkansız görünen birşeyi iddia ediyorlardı. Sadece füzyonun oluşması aşırı derecede imkansız görülmüyor, aynı zamanda, eğer bütün ısı çıkışı gerçekten füzyondan kaynaklanıyorsa, oluşan nötron seviyelerinin, Pons ve Fleischmann'ı ve aynı şekilde pillerin yakınında bulunan başkalarını öldürecek kadar -hatta daha da yüksek- olması gerekiyordu. Kısaca, füzyon oluşmamıştı; eğer oluşmuş olsaydı, hepsi çoktan ölmüş olurdu. Bu, deyim yerindeyse, 'kendi kendini yokeden' bir argümandı.

Füzyon araştırmacılarının, 23 Mart'taki haberleri duyduklarında şüphelendikleri kuşku götürmez. Tepkiler şöyleydi:

"Düşünün ki jet uçakları tasarlıyorsunuz ve CBS haberlerinde birden birinin, yerçekimini ortadan kaldıran bir makina icat ettiğini duyuyorsunuz." (Malove'dan bir alıntı, 1991, s. 41)

Bir başkası da şöyle diyordu:

"Açık düşünceli olmak istiyorum, ama orada birşey olduğu gerçekten hiç inandırıcı gelmiyor." (aynı eser, s. 41)

Kuşkuların bir bölümü, kısa sürede yanlışlığı ortaya çıkmış iddialı savlara lüzumundan fazla alışık olan füzyon araştırmacılarından kaynaklanıyordu. Bu araştırma alanında karşılaşmış oldukları benzer birçok olay nedeniyle, füzyon araştırmacıları abartılı iddialar konusunda ihtiyatlıydılar. Onlar için, dünyanın enerji sorununa füzyonda gerçekleştirilen büyük bir ilerleme ile bir çözüm getirilmesinin olasılığı, yıllardır ortaya atılan iddiaların Einstein'ın görecelik kuramını alaşağı etmesi olasılığı kadardı.

Büyük iddialara alışık olan ve kendi milyonlarla dolarlık araştırma programlarını kollamak durumunda olan füzyon araştırmacılarının pek inandırıcı bulmamalarına karşın, diğer bilimadamları çalışmayı ciddiye almaya daha istekliydiler. Pons ve Fleischmann, herşeyden öte uzmanlık dalları kimyadaki çalışma arkadaşları ile daha çok ilerleme kaydettiler. Bulgular, önceleri sunuldukları *American Chemical Society* hararetle karşılanmışdı. Birçoklarına bilim dünyasının önyargıları, muhtemelen deneyin gerçekleştirilmesinin kolay göründüğü gerçeğinden daha az önemli görünmüştü. Birçok bilimadamı herşeyin bir süre sonra ortaya çıkacağı düşüncesindeydi. Pons ve Fleischmann kendi savlarını yinelemek için kanıta sahiptiler. Isı çıkışı ve nükleer ürünler. Bunların sınanması gerekiyordu.

Isı Çıkışı

Isı çıkışını sınamak, özü itibariyle bir lise fizik probleminden farklı birşey değildi. Kimyasal enerjiyi ısıya çeviren -bilinen- tüm kimyasal tepkimeleri içerecek bir biçimde, pilin dikkatli bir güç giriş ve çıkış hesabı tutuldu. Bu kaydın belli bir süre boyunca tutulması gerekir, çünkü hesap, enerjinin -pili bir tür ısı tankına dönüştürerek- pil içinde depolanma olasılığı nedeniyle, herhangi bir anda açık verebilir. Sıcaklık yükselmesinin ölçümü yoluyla, gücü bilinen bir ısıtıcı aracılığıyla önceden kalibre edilmiş bir pil kullanarak deney sırasındaki güç çıkışını ortaya çıkarmak, oldukça basit bir işlemdir. Uygulamada deney biraz uzun sürmüştü, çünkü palladyum elektodunun, döteryumla tamamen yüklenmesi gerekiyordu. (Bu 8 mm çapındaki elektrotlar için aylarca sürebiliyordu.)

Isı çıkışı pilden pile değişiyordu. Hatta bazı piller hiç ısı çıkışı göstermediler. Güç bazen dalgalar halinde geliyordu; bir durumda çıkan güç giren güçten dört kat fazlaydı. Ama genellikle ısı çıkışı % 10 ve % 25 arasında değişiyordu.

Pons ve Fleischmann ısı çıkışının -değişken doğasına rağmen- bilinen kimyasal süreç ya da tepkimelerle açıklanamayacağından emindiler.

Nükleer Ürünler

Füzyonun en doğrudan kanıtı, ısı çıkışına bağlı nötron oluşumu olacaktı. Pons ve Fleischmann'ın ilk nötron ölçme denemeleri -görecekabaca alınmış ölçümlerdi. Pilden çıkan nötron seviyesi, pilden elli metre uzaklıktaki olağan seviyeyle karşılaştırıldı. Bu pil için olağan seviyeden üç kat daha fazla bir sinyal kaydedildi. Bu kayda değer bir sonuçtu, fakat ne nötronların enerjisi, ne de olağan seviyenin pile elli metre uzaklıktaki şartlarla aynı olup olmadığı bilindiğinden kesin olmaktan uzaktı. Diğer bir tatminkar yöntem, pili çevreleyen su tabakası içindeki protonlar tarafından yakalanan nötronların neden olduğu gamma ışını patlamalarını ölçmekti. Bu ölçümler, Utah radyoloji uzmanı Bob Hoffmann tarafından iki günlük bir zaman boyunca gerçekleştirildi. Saptanan nötron miktarı, bütün ışınımın döteryum füzyonu tepkimesi ile oluştuğunu varsaydığımızda beklenen miktardan milyonlarca kez daha azdı.

Füzyonun meydana geldiğine ilişkin diğer bir kanıt ise, trityum gibi füzyon sonucu oluşan ürünlerin varlığı olacaktı. Pons ve Fleischmann, bir pilin palladyum katodunda trityum kalıntıları buldular. Bu bulguyla ilgili sorun, -ki bu bütün iddialara gölge düşürmekteydi- trityumun ağır suda bulunan bilinen kirleticilerden biri olmasıdır.

Deneyin Sınanması

Daha önce belirtildiği gibi, 23 Mart'taki açıklamadan sonra deney hızla başkalarınca yinelenmeye başlandı. Medyanın çok ilgisini çekmesine rağmen, bu olumlu ya da olumsuz ilk sonuçların pek fazla önemi olmadı. Georgia Tech ve Texas A&M'den gelen erken ve olgunlaş-

mamış açıklamaların yol açtığı sıkıntı, deneyi laboratuvarda ciddi olarak yinelemeye çalışan bilimadamlarına, önlerinde uzun ve çetin bir yolun olduğu yolunda bir uyarıydı. Birçokları deneyin kolay görünmesine kandı, ama keşfettikleri yalnızca, palladyum elektrolitik pilinin umulandan ne kadar daha karmaşık olduğuydu.

Deneyi yinelemeye çalışan bilimadamlarını bekleyen zorluklardan bir tanesi, Pons ve Fleischmann'ın kayıtlarda, ne yaptıklarına ilişkin yeterli ayrıntıya yer vermemiş olmalarıydı. Kullanılacak elektrotların tam boyutları, pillerin çalışma yoğunlukları, lityum tuzunun yerine başka bir tuzun kullanılıp kullanılamayacağı, katotun 'zehirlenmiş' olup olmadığı ve neyle zehirlendiği, deneye neyle ve ne kadar süre devam edilmesi gerektiği gibi konularda tartışmalar vardı. Bu hususlardan hiçbiri açık değildi. Bildirilerini sundukları ilk günden başlayarak Pons ve Fleischmann, daha ayrıntılı bilgi edinmek isteyenlerin taleplerinden başlarını alamamışlardı. Utah'daki heyecanlı hava içerisinde, bilimadamlarının istedikleri bilgiye her zaman ulaşamamalarına şaşmamak gerekiyordu.

Birçokları Pons ve Fleischmann'ı, patent haklarını korumak ya da kendi yetersizliklerini saklamak için (ikinci sav daha çok, aynı kişiler sonradan hayal kırıklığına uğradıklarında ortaya atılmıştır) bilerek gizlilik yaratmakla suçladılar. Ancak keşfin ticari önemi gözönüne alındığında, patent haklarını güvence altına almak -biyoteknoloji alanında hep olageldiği gibi- kolay bir iş değildi. Öyle görünüyor ki, Pons ve Fleischmann deneyin tehlikeleri konusunda emin olamamaları ve korkmaları nedeniyle, ilk başlarda çekingen davrandılar. Bundan başka trityumun ucuz bir kaynağını bulmuş olmaktan dolayı da telaşa kapıldılar, çünkü trityum hidrojen bombasını oluşturan en önemli unsurlardan biriydi.

Deneyin pek anlaşılabilir olmayan ayrıntıları, elektronik posta ağları ve telefon konuşmaları yoluyla -gayri resmi yollardan- hemen yayılmaya başladı. Aslında elektronik posta, Baltimore'daki Amerikan Fizik Birliği toplantısından hemen sonra soğuk füzyona karşı oluşan görüş birliğini sağlayan tartışmada etkin olmuş olabilir. Örneğin

CERN (Avrupa Nükleer Araştırmaları Kurumu) fizikçisi ve eskiden soğuk füzyonun en hararetli savunucularından biri olan Douglas Morrison, anlaşıldığı kadarıyla yaygın olarak okunmuş olan bir elektronik mektup yayınlamıştı. Morrison yapılan itirazların doğruluğundan kuşkulanıyordu ve bilimadamlarının dikkatini Irwing Langmuir'in "hastalıklı bilim" üzerine kötü ünlenmiş bir konuşmasına çekti. Buna göre, bilimde N-Işınları ve ESP gibi birçok tartışmalı konu, yoğun bir yanıltma kampanyasının sonucu bir kenara atılmışlardı. (Langmuir'in konuşması Ekim 1989'da *Physics Today*'de tekrar yayınlandı.) Soğuk füzyon Morrison'a göre, hastalıklı bilimin en yeni örneğiydi.

Bu konuda oldukça açık olan şey, birçokları hiçbirşey göremezken, birkaç kişinin olumlu sonuçlar almasıydı. Bilimsel bir tartışmada - artık alışılmış olan- bir deneyin başkalarınca sınanması (sınanabilirliği) sorunu yeniden ortaya çıkmak üzereydi. Olumsuz sonuçlar, soğuk füzyonun taraftarlarınca deney şartlarındaki farklılığa bağlı olarak açıklanabiliyordu. Birşey bulmayı başaramamış olanlar içinse bu yalnızca, bulunacak birşeyin olmadığının doğrulanmasıydı. Fleischmann ve Pons'un buna yanıtı, 1989'un Nisan'ında Kongre'ye yaptıkları açıklamada belirtildiği gibi, olumsuz sonuçlara şaşırmadıkları, çünkü birçok pilin yanlış parametrelere göre ve yanlış boyutlarda üretildikleri şeklindeydi.

İlk açıklanan olumlu sonuçlardan biri ve belki de en önemlisi, Stanford Üniversitesi'nde malzeme bilimcisi olan Robert Huggins'den geldi. Huggins birinde normal su, diğerinde ağır su olan iki pili çalıştırdı ve yalnızca ağır su içeren pilin ısı açığa çıkardığını buldu. Elde edilen bu sonuç, normal su içeren bir 'kontrol pili' denemedikleri için Pons ve Fleischmann'a yapılan uzun süreli itirazları yanıtlamış oldu. Huggins o zamandan bu yana yıllardır, düzenli olarak olumlu sonuçlar elde etmektedir.

Pons ve Fleischmann'ın çalışmasına yapılan diğer bir eleştiri, kullandıkları pillerin elektroliz sırasında oluşan döteryum ve oksijen gazlarının kaçmasına izin verecek açık piller olmasıydı. Burada endişe nedeni olan şey, enerji dengesinin, döteryum ve oksijenin ağır su oluştu-

rarak ortama ısı katacak şekilde birleşmesinden etkilenme olasılığıydı. Bu itirazlar en sonunda Texas A&M'den (daha önce sözü edilen ekip değil) John Appleby tarafından, kapalı piller kullanarak yapılan, iyi kontrol altına alınmış kalorimetri deneyleri sonucunda altedildi. Isının açığa çıkışı yeniden gözlemlenmişti.

Olumsuz sonuçlar arasında en etkili olanlardan biri, kimyacı Nathan Lewis ve fizikçi Charlie Barnes önderliğindeki Cal Tech ekibinden geldi. Cal Tech ekibi, deney şartlarının çok değişik kombinasyonlarını denemiş ve hiçbirşey bulamamışlardı. Daha önce belirtildiği gibi, Lewis bu olumsuz sonuçları Baltimore Amerikan Fizik Birliği'nde çarpıcı bir biçimde açıkladı. Bu sonuçların ayrıca bir etkisi daha oldu; çünkü bu sonuçlar Pons ve Fleischmann'ın basit bir yanlışlık yapmış oldukları anlamına geliyorlardı. Elektroliti karıştırmayı ihmal etmişler ve böylelikle gerçek olmayan sıcaklık ölçümlerine neden olan ısı yüklü bölgelerin oluşmasına yolaçmışlardı.

Öyle görünüyor ki, Lewis'in suçlamaları pek hedefini bulmadı. Pons ve Fleischmann elektroliti karıştırmaya gerek olmadığını, tepkime sonucu oluşan döteryum kabarcıklarının bu işi yeterince gördüğünü iddia ettiler. Lewis yanlışlığı gösterebilmek için, Pons ve Fleischmann'ın pilinin tamamen aynısını yapmaya çalışmış ve kaynak olarak *Los Angeles Times*'da yayınlanan pilin fotoğrafını kullanmıştı. Bu pilin, Pons ve Fleischmann tarafından sadece gösteri amacıyla kullanıldığı ve asıl deneyde kullanılanlardan daha büyük olduğu ortaya çıktı. Pons ve Fleischmann daha sonra basit bir deneyle, elektrolite ekledikleri birkaç damla boya maddesiyle, kabarcıkların karıştırma işlemini amaca uygun olarak yerine getirdiklerini gösterdiler.

Diğer birçok bilimsel tartışmada olduğu gibi, çoğu kimse tarafından 'mat edici' bir olumsuz sonuç olarak görülen şeyin aslında kendisinin de, -yakından incelendiğinde- altetmek istediği sonuçlar kadar belirsizlik içerdiği görülmektedir. Eğer Lewis'in ölçümleri de, Pons ve Fleischmann'ınkilerin başına geldiği gibi en ince ayrıntısına kadar kurcalansaydı, zamanında yolaçtığı etki kadar bir etki yapamayacaktı. Fizikçilerin iki kimyacıyı safdışı etmek istedikleri ve bir dizi olumsuz

kanıtın sunulduğu (aşağıda belirtiliyor) Baltimore'daki toplantıda Lewis son darbeyi indirme şansını elde etti.

Klasik deneyin başkalarınca da sınanabilirliği sorunu, Harwell tarafından açıklanan ve çok etkili olan diğer bir dizi bulgu olumsuz sonucu ortaya çıktı. Fleischmann'ın Harwell'la ilişkiye geçmiş olmasından ötürü, Fleischmann'ın eski öğrencilerinden David Williams, aslında deneylerini Mart'taki açıklamadan önce başlatmıştı. Değişik amaçlarla elde edilen bir dizi sonuç Britanya'daki soğuk füzyon olayını sona erdirdi. Deneyler ilk bakışta oldukça etkileyici görünüyorlardı, çünkü birçok pil, uzun süreler boyunca ısının açığa çıkması ve nötronların varlığı açısından denenmişti.

Ancak bu sonuçlar pillerin en az yarısının, pil etkinliği için gerekli eşik akımının altında çalıştığını iddia eden Eugene Mallove gibi soğuk füzyon taraftarları için çok anlam ifade etmezler. Diğer eleştiriler ise Harwell yöntemlerinin ısı tahminlerine dayanarak yapıldı. Harwell deneyleri herkesçe değişik yorumlanmalarına karşın, birçok bilimadamına göre soğuk füzyon konusunda son sözü söylemişlerdi.

Sözü edilen olgunun elektrolitik pillerce yinelenmesine çalışılmasının yanısıra, soğuk füzyon üzerine başka yöntemlerle de yeni araştırmalar yapıldı. Bunlardan biri palladyumu soğutup, yeniden ısıtarak döteryumla aşırı doyurulmasını sağlayan yöntemdi. Bu tür deneylerde, patlamalar halinde nötron çıkışı kaydedildi.

Kabul edilebilir olumlu sonuçlara ulaşmada karşılaşılan zorluklar en iyi "trityum ölçümleri"nin başına gelenlerle betimlenebilir. Pons ve Fleischmann'ın kendilerinin de trityum kalıntıları bulmuş olduklarını hatırlayalım. Daha başka kanıtlar, içlerinde trityum ölçümleri ile uzun süre uğraşmış olan Hintli bir ekibin yanısıra, Los Alamos ve Texas A&M'den bir ekibin de bulunduğu diğer araştırmacılardan geldi. Ancak trityumun ağır su içinde bulunan, bilinen kirleticilerden biri olduğu, bütün bu sonuçlar için 'normal' bir hazır yanıt olmaktadır. eleştirmenleri kirlenmenin olmadığı konusunda tatmin etmenin olanaksız olduğu ortadadır, çünkü trityumun pile sızabileceği binbir türlü yol önesürülebilir.

Hatta ortada bir kandırmacanın olduğu bile ileri sürülmüştür. 1990 yılında *Science* dergisinde yayınlanan bir makale, aldatmacanın Texas A&M ölçümlerinde bir faktör olduğunu iddia etmiştir. Konunun yandaşlarının ve karşıtlarının sürüklendikleri çıkmaz sokak, her iki tarafın birbirini bilimsel olmamakla suçlaması nedeniyle daha da içinden çıkılamaz hale gelmekte ve tipik bir bilimsel tartışma örneği oluşturmaktadır. Eleştirmenler olumsuz sonuçların çokluğunu, tartışmalı olan bu konuya son vermek için dayanak olarak göstermekte ve geri kalan birkaç olumlu sonucu da, işin ehli olmama, hatalar ve hâttâ aldatmacayla açıklamaya çalışmaktadırlar. Öte yanda konunun yandaşları, olumsuz sonuçları olumlu sonuçlara ulaşmak için gerekli olan deney şartlarını sağlamadaki başarısızlığa bağlıyorlardı. Deneyler yalnız başına sorunu halledebilecek gibi görünmüyorlardı.

Soğuk Füzyon : Kuramsal Olarak İmkansız mı?

Savaşımın büyük bir bölümü, soğuk füzyonun kuramsal olarak imkansız olduğu savına karşı yürütüldü. Pons ve Fleischmann, öncelerı Tanberg'in de yaptığı gibi, palladyum örgüsü içindeki aşırı basınçların döteryum füzyonuna yardımcı olacağını ummuş olmalarına rağmen, bunun pek az kuramsal dayanağı vardı.

Çekirdek fizikçilerinin soğuk füzyon savlarına tepkilerinden bir bölümü, kuramsal olasılıkların ayrıntılı bir şekilde yeniden incelenmesi şeklinde olmuştur. Cal Tech kuramcısı Steve Koonin, bu sorunu çözmek için kayda değer bir zaman ve çaba harcamıştır. Koonin'in, hesaplamaların yeniden gözden geçirilmesi sırasında ortaya çıkarttığı ve döteryum-döteryum füzyonunu, önceki hesaplamayla karşılaştırıldığında on milyar kat daha hızlandıran yanlışlıklara rağmen, bu çalışma, palladyum içindeki -ısı çıkışı için gerekli olan miktarda- döteryum füzyonunun neden hiç mümkün olmadığını göstermesi açısından önemlidir. Koonin'in işaret ettiğine göre, palladyum içindeki basınç artışı füzyon için yeterli değildir. Gerçekte, palladyum örgüsünde döteryum çekirdekleri birbirinden normal suda olacağından daha uzakta yer

alırlar. Koonin'in döteryum-döteryum füzyonunun oluşma olasılığına ilişkin hesapları, füzyonun hızının son derece yavaş olacağını gösterdi. Koonin bunu şöyle açıklamıştır: "Güneş büyüklüğündeki soğuk bir döteryum kütlesinde, yılda ancak bir kere füzyon meydana gelecektir."

Böylece Koonin, Mayıs ayındaki Amerikan Fizik Birliği toplantısında bütün olasılıkları ele alıp gözden geçirerek, konunun her türlü kuramsal dayanağının akla aykırı görünmesini sağlamıştır. Koonin, *New York Times* muhabirine, "soğuk füzyon'un palladyum katodunda nasıl meydana gelebileceğine ilişkin kuramlar ileri sürmek iyi, güzel de. . . domuzların eğer kanatları olsaydı, nasıl davranacakları üzerine de birçok kuram ileri sürülebilir. Ancak domuzların kanatları yoktur!" demiştir. (Mallove'dan bir alıntı, 1991, s. 143)

Deneysel kanıtların hızla azaldığı bir sırada, birçok fizikçinin kabul gören görüşe uygun hareket etmeyi tercih etmesine pek şaşmamak gerekti.

Koonin'in standart görüşü temsil ettiğine kuşku yoktur. Bu durum, deneyin hakim kurama karşı durduğu bilimsel bir tartışma için oldukça tipik olsa da, henüz söylenecek daha başka şeyler de vardır. Aslında, soğuk füzyon araştırmaları sırasında, sözkonusu ölçeklerdeki füzyonun nasıl meydana gelebileceğini ve hatta bunun nötron ortaya çıkışı olmadan nasıl gerçekleşebileceğini göstermek için birçok öneriler ortaya atıldı. Ciddi önerilerden bazıları, fizik Nobel ödüllü Julian Schwinger ve X-Işını lazerinin icadına yardımcı olmuş, MIT'den lazer fizikçisi Peter Hagelstein'dan geldi. Bir düşünceye göre, enerjisini palladyum örgüsüne aktarmış nadir rastlanan nötronsuz bir füzyon tepkimesi, ısı çıkışının kaynağı olabilirdi. Bunun yanısıra Hagelstein lazer fiziğindeki düşüncelerden yola çıkarak, füzyon tepkimelerinin zincirleme meydana geldiği bir 'koherent füzyon' daha ortaya attı.

Deney sonuçlarının belirsizliğinden ötürü, birçok kuramcı bu tür alışılmadık düşüncelere kapılmak için pek az neden görüyordu. Akla hemen, yerleşik kuramla deneysel sonuçlar arasındaki uyuşmazlığı açıklamak amacıyla birçok spekülatif kuramın ortaya atıldığı 7. Bölüm'deki solar-nötrino örnek-olayı gelmektedir. Oradaki fark sadece

üç kat olmasına rağmen, alternatif kuramların hiçbirisi yaygın olarak kabul görmemiştir. Aradaki farkın 10 üzeri 57 kat kadar olduğu (10'un yanında 56 tane sıfır) ve deneysel sonuçların çok daha az inandırıcı olduğu bir durumda, geleneksel kuramın terkedilebileceği hiç olası görünmemektedir. Kuşkusuz Hagelstein alternatif kuramları çok ciddiye almaktadır, hatta bu kuramlara dayanarak birtakım cihazların patent hakları için bile başvuruda bulunmuştur. 'Ya öyle değilse' düzeyinin ötesinde bu kuramların peşinden gitmenin, yani onları süpekülasyonlardan öte ciddi kuramlar olarak görmenin riskleri, Hagelstein örneğinde açıkça ortaya çıkmaktadır; soğuk füzyonla ilgili birtakım açıklamalar üretmeye başlamasından sonra, MIT'deki koltuğunun tehlikede olduğu konusunda söylentiler yayılmaya başlamıştı.

İnanılırlık

Bilimsel bir tartışmadaki yandaşlar ve karşıtlar arasındaki mücadele hep inanılırlık için yapılmıştır. Bilimadamları (soğuk füzyon örneğinde olduğu gibi) -sözcüğün gerçek anlamıyla- 'inanılmaz' savlar ileri sürdüklerinde, kendilerini çok zorlu bir savaşın içinde bulurlar. Pons ve Fleischmann'ın aşmaları gereken sorun, -çekirdek fizikçileri olarak değil- sadece elektrokimyacı olarak inandırıcılığa sahip olmamalarıydı. Çalışmaları ise etkisini daha çok çekirdek fiziği alanında gösterecekti.

Herhangi bir füzyonu gözlemlemiş olmak iddiası, hele böyle kamuoyunun gözleri önünde alçakgönüllülükten uzak bir biçimde yapıldığında, bu alanda iddialı olan çekirdek ve füzyon fizikçilerine meydan okumak anlamına geliyordu. Büyük miktarlarda para, uzmanlık ve donanım sıcak füzyon araştırmalarına ayrılmıştı ve bunun Pons ve Fleischmann'ın nasıl karşılanacağına hiç etki etmeyeceğini düşünmek biraz safça olurdu.

Burada füzyon fizikçilerinin yeni savları hiç tereddütsüz ellerinin tersiyle ittiklerini (birkaçının bunu yapmasına rağmen), ya da kendi alanlarındaki milyarlarca dolarlık yatırımlarının devam etmesinden başka düşünceleri olmadığını (Enerji Dairesi'nin sıcak füzyona olan parasal desteğini soğuk füzyona kaydırma niyetiyle, çıkarlarını doğru-

dan tehdit etmesine rağmen), ya da fizikçilerin kimyacılara karşı katı bir önyargıya sahip olduklarını (belki bazıları böyle bir önyargıya sahiptiler) söylemek amacında değiliz. Şurası açık ki, hiçbir bilimadamı inandırıcılığını kanıtlamadan, böylesi güçlü bir gruba meydan okumayı düşünemezdi. Tahmin edileceği gibi Pons ve Fleischmann'a en güçlü karşı çıkış, fizikçilerin kendilerini en güvenli ve en rahat hissettikleri nötron ölçümleri alanında oldu.

Nötron Ölçümleri

Birçok fizikçiye göre, füzyona en iyi kanıtları nötron ölçümleri sağlıyordu. Buna karşın paradoksal olarak, bu ölçümler Pons ve Fleischmann'ın savlarındaki en zayıf noktayı oluşturuyorlardı. Daha önce de gördüğümüz gibi, ölçümler gecikmeli olarak ve ancak başkalarının baskısıyla gerçekleştirilmişti. Daha da kötüsü, ne Pons ne de Fleischmann bu tür ölçümlerde uzmandılar.

Sorunların ilk belirtileri Harwell'da, Mart'taki açıklamaların hemen arkasından Fleischmann'ca verilen bir seminerde ortaya çıktı. Fleischmann nötronların varlığına ilişkin kanıtları ve pildeki su kalkanından elde edilmiş, gamma ışınlarının tepe noktalarının grafiğini gösteriyordu. İzleyiciler arasındaki konu hakkında bilgisi olan fizikçilere, tepe noktasına ilişkin enerji seviyesi yanlış gibi gözüktü. Tepe noktası 2.5 MeV'du ve bu döteryum nötronlarınca üretilen gamma ışınlarından beklenen 2.2 MeV'luk tepe değerinden farklıydı. Gamma ışınları dedektörünün ayarında birşeylerin yanlış yapılmış olduğu görülüyordu, ancak bunu kesin olarak söylemek mümkün değildi, çünkü Fleischmann'ın yanında ölçümlere ait asıl kayıtlar yoktu ve ölçümleri kendisi yapmamıştı. O sıralar sözkonusu grafik bir vesileyle *Electroanalytical Chemistry Journal* yayınlandığında, tepe değeri bu kez doğru olarak (2.2 MeV) verildi.

İki değişik versiyonun bir tür "saçmalık"tan mı, yoksa gerçek hatalar ve ne ölçüldüğüne ilişkin kuşkulardan mı kaynaklandığı açık değildir. Frank Close çok tanınmış, soğuk füzyona kuşkuyla yaklaşan yapıtında *Too Hot To Handle'da* grafikle bilerek oynandığını ileri sürmüştür. Bu suçlamaya 17 Mart 1991'de *New York Times* gazetesindeki bir

yazıda, bilimsel haber muhabiri William Broad tarafından yer verilmiştir. Bu tür suçlamaları ihtiyatla ele almak gerekir. Close, soğuk füzyon karşıtlarının deneylerini açık ve kesin gösterme ve taraftarlarının deneylerinin her türlü ayrıntısını didik edip gözler önüne serme tuzağına düşüyordu. Bu tür yanlı bir öykü, eleştirmenlerin zaferini perçinlemektan başka bir işe yaramıyordu.

Nötron ölçümleri hemen başkalarınca da incelendi. MIT Plasma Fusion Center'nde çalışan Richard Petrasso da gamma ışını. :n tepe noktaları grafiğinin yanlış göründüğünü farketti. Bu gözlemden . ir sonuç çıkarmak, Pons ve Fleischmann'ın henüz deneyi gerçekleştirdikleri ortamdaki arkaplan gamma ışını spektrumunu belirtmedikleri için zordu. MIT bilimadamlarının yaptığı bilimsel bir "atlatma haber" elde etmekti; gamma ışınları spekturumunun VDU görüntüsünü içeren ve Pons ve Fleischmann'ın laboratuvarının içini gösteren haber programının video kaydını ele geçirdiler. Petrosso, iddia edildiği gibi tepe değerinin 2.2 MeV olamayacağını ve bu kadar hassas bir ölçümün kullanılan aygıtla yapılmasının mümkün olmadığı sonucuna vardı. Compton olayının meydana gelmemesi de, gözlenen tepe noktasının nötron varlığına ilişkin bir kanıt olamayacağını gösteriyordu. MIT ekibinin vardığı sonuç, tepe noktasının 'belki de, gamma ışınları etkileşmeleri ile ilgisi olmayan, aygıttan kaynaklanan insan yapısı bir sonuç' olduğu idi.

Bu çalışmayla ilgili ilk raporlar, Petrosso tarafından Baltimore toplantısında etkili bir konuşmayla sunuldu ve Cal Tech'den gelen olumsuz sonuçlarla birlikte, şu ana kadar ana hatlarının belirtmeye çalıştığımız tartışmanın seyrinde etkili oldu.

Nötron ölçümleri ile ilgili eleştiriler, sonunda Pons ve Fleischmann'ın bunlara yanıtları ile birlikte *Nature* dergisinde yayınlandı. MIT'nin video haber kaydına bilimsel kanıt olarak gereğinden fazla yer verdiğine işaret etmelerine ve Petrosso'nun aklına takılan "garip" şeyin aslında bir elektronik kursörden farklı birşey olmadığını söylemelerine ve video kaydının gerçek bir ölçümü görüntülediğini inkar etmelerine rağmen, Utah'lı iki bilimadamı artık savunma konumun-

daydılar ve 2.2 MeV değil de, 2.496 MeV'luk bir tepe noktasına işaret eden spektrumlarını yeniden yayınladılar. Tepe noktasını bilinen döteryum füzyonu sürecine uygun olarak açıklayamamakla birlikte, bunun pilden kaynaklanan radyasyon sonucu olduğu iddiasını sürdürdüler. Akıllıca bir hamleyle, eğer kendi aygıtları gerçekten bu tür tepe noktalarını saptamaya yeterli değilse, aygıtlarının 2.2 MeV'luk bir tepe değerini saptayamamış olmasının, kendi başına füzyona karşı bir kanıt oluşturamayacağını söyleyerek Petrosso'nun argumanını etkisiz hale getirmeye çalıştılar. MIT de buna, tepe noktasının 2. 496 MeV değil de, aslında 2. 8 MeV'luk bir değere sahip olduğunu söyleyerek karşılık verdi.

Birçok bilimadamı buraya kadar olanları, füzyonu destekleyen ana argümanın yenilgisi olarak değerlendirirler. Ancak buna başka bir açıklama getirmek de mümkündür. Bu, soğuk füzyona en iyi kanıtın her iki deneycinin yetkin oldukları ısı çıkışı ölçümlerinden kaynaklandığı gerçeğidir. Çok az sayıda nötrino gözlemlenmiş olduğundan, hızlı yapılmış nükleer ölçümler hep kafa karıştırmışlardır. Kendi nükleer ölçümlerini anlatmakla karşılaştıkları zorluklardan sonra 'temize çıkabilmek' için Pons ve Fleischmann dikkatleri yeniden savlarının temelini oluşturan ısı çıkışı ölçümlerine çekmek istediler. Pons ve Fleischmann Temmuz 1990'da, elde ettikleri sonuçların tamamını yayınladıklarında, makale bütünüyle ısı ölçümlerini temel almıştı ve nükleer ölçümlerinin adı geçmiyordu.

Sorun, çoğu fizikçiyi öncelikle nükleer ölçümlerin heyecanlandırmış olması ve nötron varlığına ilişkin kanıtların azlığının, ısı çıkışını sanki sadece kimyasal kaynaklı anomaliler gibi göstermesiydi. Bundan başka nükleer ölçümler ile ilgili sorunlar, Pons ve Fleischmann'ın deneyci olarak yetersizliklerini gösteren kanıtlar olarak görülebilirlerdi. Utah'lı iki bilimadamı uzmanlıklarını elektrokimya alanında kabul ettirmiş olmalarına rağmen, 'işledikleri suçun' bedelini ödemişler ve deneyin tamamına olan güveni sarsmışlardı.

Sonuç

Buraya kadar, yapılan bilimsel tartışmanın genellikle ilk aşamalarına değindik ve gelişmelerin Pons ve Fleischmann'ın aleyhine döndüğü Baltimore'daki Amerikan Fizik Birliği toplantısının rolüne özellikle işaret ettik. Bugün bilimadamları bu konudaki araştırmalarına devam etmekte ve bazı olumlu sonuçlar "Palladyum-Döteryum Örgüsündeki Anomali İçeren Olgular" türündeki başlıklar altında konferanslarda açıklanmaktadır. Gerçekte, söz konusu olgunun bu tür başlıklar altında sunulması, bizim diğer tartışmalardan alışık olduğumuz bir durumu yansıtmaktadır. Bu, tartışmalı bir olguyu kabul ettirmek için yandaşlarının, olgunun diğer bilimadamların üzerindeki olası etkilerini az göstermeye çalışmalarıdır. Olgunun kesinlikle füzyon olduğuna ilişkin savlar ve yeni, kolay bir enerji kaynağı ümitleri artık yok olmuştur (Japon şirketlerinin bu işe hala para yatırmaya devam etmelerine rağmen). İleride, belki palladyum-döteryum örgüsünde olağandışı birşeyin meydana geldiği gösterilebilir, fakat bunun, 1989 yılının Mart aylarının soğuk füzyonu olması pek mümkün değildir. 1989 yılındaki Enerji Dairesi'nin önem taşıyan parasal desteğini elde etmedeki başarısızlık, ilk başta verdiği umutlarla karşılaştırıldığında, soğuk füzyon araştırmalarının inişe geçmesi anlamına gelmektedir. Utah Ulusal Soğuk Füzyon Enstitüsü en sonunda 1991 yılının Haziran ayında kapatılmıştır.

Soğuk füzyon tartışmasında herkes herşeyini ortaya koymuştu ve olağan durumda gizli yürütülen bilimin işleyişi gözler önüne serilmişti. Soğuk füzyon örneğine çoğunlukla, günümüz biliminde birşeylerin yanlış yapıldığını göstermek için başvurulur. Bilimadamlarının çok az dayanakla, çok fazla kişinin önünde, çok fazla iddiada bulundukları ve basında çıkan yazıların bilimsel incelemelerin yerine geçtiği söylenir. Yeni ve sınırsız bir enerji çağına ilişkin, sonradan yıkılmaya mahkum boş umutlar yaratılmıştır.

Bu tür bir açıklama oldukça talihsizdir. Pons ve Fleischmann ellerinde, büyük bir ticari getiri vaadeden önemli bir keşif bulunduran her-

hangi ihtiyatlı bir bilimadamından daha fazla hırslı ya da tanıtım peşinde görünmüyorlardı. Patent haklarının güvence altına alınması ve coşkulu basın toplantıları, kuramsal tanınma ve parasal desteğin önemli olduğu günümüz biliminin vazgeçilmez unsurlarıdır. Zamanı, bütün bilimadamlarının birer beyefendi oldukları -ki aslında bilim tarihinin son yıllarda bize öğrettiği gibi hiç de öyle değillerdi- efsanevi Altın Çağ'a geri döndürmek sözkonusu değildir. Soğuk füzyonda bilimi olduğu gibi -normal- buluyoruz. Değişmesi gereken bizim bilimi görme biçimimizdir, bilimin yapılma biçimi değil.

IV

Tartışmalı Bir Konu, Mikroorganizmalar: Louis Pasteur ve Yaşamın Kaynakları

Kendiliğinden Üreme

Uygun şartlar altında ölü maddeden yaşamın oluşmasına "kendiliğinden üreme" adı verilir. Hemen hemen hepimiz bir şekilde kendiliğinden üremeye inanırız, çünkü bize göre yaşam yerin yeni oluşmuş olduğu çağlarda, yeri kaplayan çamur tabakasından filizlenmiştir. Ancak bunun yavaş yavaş, şans eseri ve dünyanın tarihinde yalnızca bir kere olmak üzere meydana geldiği düşünülür; bizim yaşadığımız çağlarda böyle birşeyin görülmesi olası değildir.

Yaşamın nereden kaynaklandığı sorusu, tabii ki insanın düşünmeye başlamasından beri vardır, ama bu konu 19. yy.'ın ikinci yarısında bilim dünyasının hareketlenmesine yol açmıştır. Steril bir maddeden yaşam kendini birkaç dakika ya da saat içinde defalarca üretebilir mi? Bir kap içindeki yemek küflendiğinde, bu zaten var olan yaşam biçimlerinin çoğalması sonucu oluşan kirlenmeden ötürü müdür, yoksa yaşam zengin besin kaynağı içerisinde yeni baştan mı oluşmaktadır? Bu özellikle 19. yy. Fransa'sında tartışılan bir konuydu, çünkü oldukça

derinlere kök salmış dinsel ve siyasal duyarlılıklara dokunuyordu.

Bugünkü biyokimya, biyoloji ve evrim kuramı anlayışımıza göre, tarih öncesi çağlara özgü şartlar bir yana bırakılırsa, yaşam yalnız yaşamdan kaynaklanabilir. Sahip olduğumuz diğer birçok yaygın bilimsel inanç gibi, modern bakış açısının da hızlı ve kesin bir biçimde oluştuğunu düşünmeye eğilimliyizdir; 1860'larda gerçekleştirilen birkaç parlak deneyle, Louis Pasteur kendiliğinden üremeye inananları tamamiyle safdışı bırakmıştır. Fakat bu tarihe kadar olan gelişmeler, en sonunda kesin bir sonuca ulaşsalar da, hızlı ve basit olmamışlardır. Muhalefet, politik manevralarla, hatta alaylara maruz kalarak ve Pasteur'ün çiftçileri, bira üreticilerini ve hekimleri kendi yanına çekmesiyle yenilgiye uğratılmıştı. 1910 yılına gelindiğinde bile, İngiliz Henry Bastian hala kendiliğinden üreme sapkınlığına olan inancını terketmemişti ve kanıtların kendi görüşünü desteklediğine inanarak öldü.

Diğer birçok bilimsel tartışmada olduğu gibi, azınlığın görüşünü yenilgiye uğratan, gerçekler ya da nedenler değil, ölüm ve sayıların ağırlığıydı; hep olduğu gibi, gerçekler ve bunların nedenleri belirsizdiler. Bunun yalnızca "göremeyen birtakım insanlar"la ilgili olduğunu düşünmek de hatalı olur. Pasteur meslektaşı Fransız Felix Pouchet'yi Fransız Bilimler Akademisi'nce oluşturulan bir kurul önünde hezimete uğratmıştı. Pasteur'ü son ve kesin zafere, delegelerin dağılımındaki dengeler ve büyük ölçüde şansı ulaştırmıştı. Pasteur'ün ne kadar şanslı olduğunu görebilmek için geriye dönüp bakmak gerekir.

Deneylerin Doğası

Kendiliğinden üremenin gerçekleşip gerçekleşmediğini sınayan deneylerin en iyi bilinenlerinin dayandığı düşünce çok basittir. Süt, mayalı su, suda demlendirilmiş saman gibi organik maddeler, önce içlerinde varolan canlı organizmaları yoketmek amacıyla kaynatılırlar; kaplardaki hava da oluşan buharla birlikte dışarıya atılır. Kapakların ağızları hava almayacak şekilde kapatılır ve kapalı kaldıkları sürece hiçbir yaşam belirtisi görülmez; bu tartışmasız kabul edilmişti. Hava-

nın tekrar içeri girmesine izin verildiğinde ise küf oluşur. Bu havanın, yeni bir canlılığın oluşmasını sağlayan yaşamsal bir maddeye sahip olmasıyla mı, yoksa önceden canlı olan küf hücreleri içermesiyle mi ilgiliydi? Pasteur, kaplardan içeri giren havanın canlı varlıklardan arınmış olduğu durumda küfün oluşmayacağını iddia etti. Steril havanın kaplara girmesinin bir etkisinin olmayacağını göstermeye çalıştı; yalnızca kirli hava bozulmaya yolaçıyordu. Karşıt görüşte olanlar, saf havanın bile organik sıvıların bozulmasını sağlamaya yeterli olduğunu iddia ediyorlardı. Deneyde rol oynayan unsurlar şunlardı:

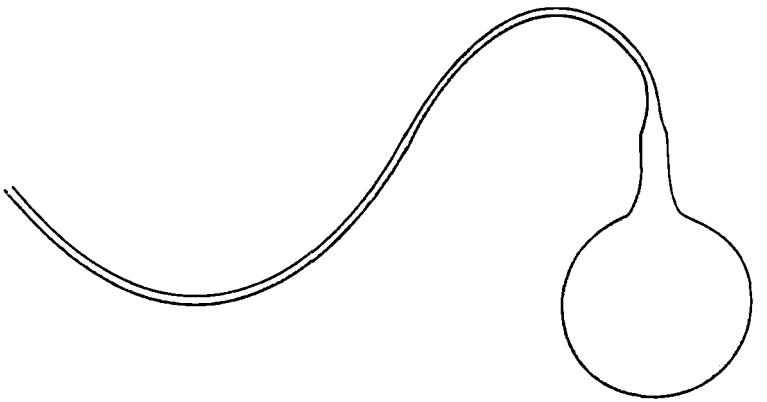
1. Büyüme ortamının steril olduğunun, ama besin değeri içerdiğinin bilinmesi.

2. Kaplar açıldığında ne olduğunun bilinmesi; içeriye giren steril hava mı, yoksa onunla birlikte kirlilik de giriyor mu?

Deneysel Sorulara Pratik Yanıtlar

Biz bugün bu tür sorulara kolayca yanıt verebileceğimizi söyleyebiliriz. Ancak 19. yy.'da neyin steril, neyin canlı olduğunu belirlemeye yarayan yöntemler daha yeni geliştiriliyordu. Yaşamın ne olduğu konusu bile henüz açık değildi. Kaynayan bir sıvıda yaşamın uzun süre devam edemeyeceği yaygın olarak kabul edildiğinden, kaynatma sterilizasyon için uygun bir yol olarak görülüyordu. Ancak ortamın, içindeki besin değerine zarar vermeden kaynatılamıyacağı açıktır. Kaynatma gayet dikkatli yapılsa bile, besinin "bitkisel gücü" (vegetative force) canlı organizmalarla birlikte yokedilmiş olabilirdi. Bundan başka neyin steril hava olduğu da açıklığa kavuşmamıştı. Bizi çevreleyen dünyadaki mikroorganizmaların dağılımı ve kapların içine giren hava üzerindeki etkileri bilinmemekteydi.

Pasteur mikroorganizmaları doğrudan gözlemleyebilmek için denemeler yaptı. Havanın süzülmesiyle elde edilmiş tozu mikroskopla incelemiş ve mikroorganizma adını verdiği yumurtaya benzeyen şekiller gözlemlemişti. Bunlar canlı mı, yoksa yalnızca toz parçacıkları mıydılar? Tozun asıl doğası, ancak bozulmanın doğasını ortaya çıkaran aynı



Şekil 4.1 Pasteur'ün kuğu boyunlu kaplarından biri

sürecin parçası olarak açıklık kazanabilirdi.

Eğer havadaki mikroorganizmalar doğrudan gözlemlenemiyorsa, kabın içine giren havanın kirlenmiş olup olmadığını saptamak için ne kullanılabilirdi? Hava, içindeki tüm yaşam kalıntılarını ortadan kaldırmak amacıyla, potasyum hidroksit ya da sülfirik asit içerisinden geçirilebilir, çok yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılabilir ya da ham pamukla süzülebilirdi. 19 yy.'ın başlarında ve ortalarında, asitlerin ya da alkalilerin içerisinden geçirilmiş, ısıtılmış veya süzülmüş havayı kullanan deneyler yapılmakla beraber, bunlar kesin sonuç vermekten uzaktılar. İşlemden geçirilmiş havanın temas etmesi, birçok durumda sterilize edilmiş sıvıların bozulmasına yolaçmamasına karşın, bozulma, kendiliğinden üreme hipotezinin ayakta kalmasını sağlayacak kadar sık meydana gelmişti. Havanın aşırı işlemden geçirildiği durumda, yaşama kaynaklık eden önemli bir unsur bir şekilde zarar görmüş ve deneyi, kullanılan hava gibi değersiz kılmış olabilirdi.

Mikroorganizmalarca farklı derecelerde kirletilmiş olacağını umarak, hava değişik yerlerden, yani yüksek yerlerden (dağlardan) ya da alçak yerlerden (işlenmiş arazilerin yakınlarından) alınabiliyordu. Toz ve mikroorganizmalar arasındaki ilişkiyi göstermek için, diğer süzme yöntemleri de kullanılıyordu. Pasteur bu amaçla "kuğu boyunlu kaplar" kullanmıştır. (Şekil 4.1) Bu kapların boyun kısmı içeri giren tozun, kabın nemli duvarlarında yakalanabilmesi için inceltilmiş ve bükülmüştü. Deneyler Paris Observatoire'ın kilerlerinde gerçekleştirildi, çünkü oradaki hava tabakası, yaşam içeren tozun yere çökmesine elverecek kadar durgundu. Daha sonra İngiliz bilimadamı William Tyndall, havayı bozulabilir maddelerle temas ettirmeden önce, içindeki bütün tozu çekip alabilmek için yağlı borularda sakladı. Ancak görünürde kesin olan her sonuca karşılık, başka bir deneyci steril olması gereken kapta küf bulabiyordu. Tartışmadaki tarafların kullanabileceği argüman türlerini basit bir diyagramla ortaya koymak mümkündür.

1. Kutu, saf hava içerisinde yaşamın gerçekten oluştuğunu gösteren deneyler yaptığını düşünenlerin ve kendiliğinden üremeye inananların onumunu temsil etmektir. Bu kimseler deneylerin kendi tezlerini kanıtladığını düşünmektedirler. 2. Kutu, aynı deneylere bakıp da kendiliğinden üremeye inanmayanların konumudur; bunlar deneyde bir yanlışlık yapıldığını, örneğin havanın gerçekten saf olmadığını düşünmektedirler.

4. Kutu ise, saf hava içerisinde yaşamın hiçbir şekilde oluşmadığını gösteren deneyler yaptığını düşünenlerin ve kendiliğinden üremeye inananmayanların konumunu temsil etmektedir. Bunlar da deneylerin kendi hipotezlerini kanıtladığını düşünmektedirler. 3. Kutu ise aynı deneylere bakan, ama kendiliğinden üremeye inananları temsil etmektedir. Bunlar havayla ilgili birşeylerin yanlış olduğuna, örneğin saflaştırma işlemleri sırasında içindeki yaşamsal özelliklerin yok edildiğine inanmaktadırlar.

Kendiliğinden Üreme Deneylerinin Olası Değerlendirmeleri:

		Kendiliğinden Üremeye İnanma	
		Evet	Hayır
Görünürde saf olan havada yaşam oluşur	Evet	Tezi kanıt oluşturur	Hava kazara kirlenmiştir
	Hayır	Hava işlemden geçirildiği için bozulmuştur	Tezi kanıt oluşturur

1860'lı yıllarda bir dönem, 3. kutuda yeralan argümanların önem kazandığını, fakat bunun fazla uzun sürmediğini görüyoruz. Bu dönem deneycilerin suni yollarla havayı sterilize etmeye son vermeleri, onun yerine havanın saf kaynaklarını araştırmaları, ya da oda sıcaklığındaki "filtreleme" yöntemlerine yönelmeleri ile son bulmuştur. 2. kutudakiler türündeki argümanların ömrü ise daha uzun olmuştur ve bu argümanlar Pasteur'ün -doğrudan göstermiş olsa da olmasa da- kaplarda yaşamın oluşmasına yolaçan her tür havayı kirlenmiş olarak tanımlanmasına yol açmışdır. Bu, göreceğimiz gibi, tartışmanın özellikle Felix Pouchet'yle geçen, cıvayla yapılan deneylerle ilgili bölümünde göze çarpmaktadır.

Pasteur'le Pouchet Arasındaki Tartışma

Pasteur ve kendiliğinden üremeye inananların arasındaki uzun tartışmanın bir bölümü, öykümüzün birçok kısmına açıklık getirmekte-

dir. Bu bölümde 60 yaşındaki ihtiyar Felix Pouchet, 37 yaşında ve deneysel bilimci olarak parlak bir konuma sahip Pasteur'ün karşısında yeralmaktadır. Pasteur şüphe yok ki, Pouchet'ye karşı birçok ünlü duruşmada üstünlüğünü kabul ettirmişti, fakat zaferlerle dolu bu geçmiş duruşmalar o zamanki birtakım belirsizlikleri de gözden saklamaktadır.

Deneylere ilişkin bu tür tartışmalarda ayrıntılar hep önem kazanır. Pasteur ve Pouchet arasındaki anlaşmazlık, kaynatılarak sterilize edilmiş sulu samana havayla temas ettirilince ne olduğu konusunda yoğunlaşıyordu. Sulu karışımın küflendiği ve yüzeyinde mikroskobik bir yaşamın oluştuğu tartışmasız kabul ediliyordu; fakat soru halâ yanıtsızdı. Bu, havanın yaşam içerici özelliklere sahip olmasından mı, yoksa küfün canlı "tohumlarını" içermesinden mi böyleydi?

Cıvayla Yapılan Deneyler

Pouchet kendiliğinden üremeye inanıyordu. İlk deneylerinde demlendirilmiş sulu samanı, cıva kullanarak sterilize etmişti. Yöntem bütün kapları cıvayla dolu bir tekneye daldırarak, içlerine soluduğumuz havanın girmesinin önlenmesine dayanıyordu. Özel hazırlanmış hava, cıva içinden kabarcıklar halinde geçirilerek kaba veriliyordu. Bu, deneylerde kullanılan gazların, soluduğumuz havanın karışmasını önleyecek şekilde deney ortamına verilmesini sağlayan alışılmış bir yöntemdi. Pouchet'nin olayında, cıva içinden geçirilen saf havaydı. Saf havanın, soluduğumuz havayı ısıtarak ya da oksijenin herhangi bir oksitinin bozulması yoluyla elde edilebileceği düşünülüyordu; bu da genellikle -rastlantı eseri- ısıtıldığında oksijen açığa çıkaran cıva oksit oluyordu. Pouchet, saflaştırılmış sulu saman karışımının cıvalı yöntemle hazırlanıp havayla temas ettirildiğinde, organik yaşamın her durumda oluştuğunu buldu. Butün varolan yaşam kaynakları daha önceden giderilmiş olduğundan, yeni yaşamın kendiliğinden oluşması gerekiyordu.

Pouchet Pasteur'le olan tartışmayı, ona bu deneylerin sonuçlarını

da içeren bir yazı yazarak başlattı. Pasteur, onun deneylerde belki de yeterince dikkatli olmamış olabileceğini söyleyerek yanıt verdi. "...son deneylerinizde, kirli havayı farkında olmadan sızdırmış olduğunuzdan, vardığınız sonuçlar, karşı çıkılamayacak kesinlikle değillerdir." (Farley ve Geison'da bir alıntı, 1974, s. 19) Burada, Pasteur'ü yukarıda 2. kutudakilere benzer bir argümanı kullanırken görüyoruz. Eğer Pouchet, sterilize edilmiş sulu saman karışımını, yine sterilize edilmiş havayla temas ettirdiğinde yaşam belirtileri gözlemlediyse, hava kesinlikle kirlenmiş olmalıydı.

Sonraları Pasteur, sulu saman karışımının ve suni havanın deneylerde saf ve temiz olmalarına karşın, nedenin, cıvanın yüzeyindeki toz içinde bulunan mikroorganizmalarca kirlenmiş cıva olduğunu söyleyecekti. Ona göre mikroorganizmaların kaynağı bunlardı.

Bu husus, kirlenmiş cıva hipotezinin Pasteur'ün ilk deney sonuçlarından bazılarını açıklaması nedeniyle ilginçti. Pasteur'ün bildirdiğine göre, cıvalı yöntemle hazırladığı sulu karışımlarda yaşamın ortaya çıkışını önlemek için giriştiği denemelerin yalnızca %10'u başarıya ulaşmıştı. Pasteur, o sıralar, kirlenmenin kaynağını bilmemesine karşın, bu sonuçları kendiliğinden üreme hipotezini destekleyen kanıtlar olarak kabul etmemişti. Kendisi de bunu "...bu deneyleri yayımlamadım, çünkü bunlardan çıkarılabilecek sonuçlar, her ne kadar deneylerin kusursuz olmaları için elimden gelen dikkati gösterdiysem de, gizli kalmış bir hatadan kuşkulanmama sebep olacak kadar vahimdi." (Farley ve Geison'da bir alıntı, 1974, s. 31) Diğer bir deyişle, Pasteur kendiliğinden üremeye o kadar şiddetle karşıydı ki, sonuçları yayınlamaktansa çalışmalarında bilmediği bir hatası olabileceğine inanmayı tercih etmişti. Kendiliğinden üremeyi doğrulamış gibi görünen deneylerini başarısız, diğerlerini de başarılı olarak tanımladı. Daha sonra bu "bilinmeyen kusur"un yerini kirlenmiş cıva nosyonu aldı.

Geriye baktığımızda, Pasteur'ün uzakgörüşlülüğünü alkışlamamız gerekir. Pek tabii ki haklıydı ve ilk bakışta karşıt gibi görünen deneysel göstergelerce yönlendirilmeyi reddedecek kadar bildiği yolda gitme cesaretine sahipti. Fakat bu yalnızca uzakgörüşlülüktü. Bilimsel

yöntemin tarafsız uygulanması değildi. Eğer Pasteur, aynı Pouchet gibi, yanlış hipotezi destekliyor olsaydı, onu şimdi "bilimsel gerçekler karşısında inatçılık yapmakla" suçlayacaktık. Olayları sonradan tastamam doğru değerlendirme bilim tarihinde tehlikeli bir yoldur. Olayları geriye doğru bakarak değerlendirmekten vazgeçmezsek, Pasteur-Pouchet tartışmasının nasıl geliştiğini tam olarak anlayamayız.

Yüksek İrtifada Açılan Kaplar

Cıvayla yapılan deneyler tartışmanın sadece ilk aşamasıydı. Asıl anlaşmazlık, Pasteur'ün yüksek irtifada havayla temas ettirilmiş kaplarla yaptığı deneyler ve Pouchet'nin bunların reddetmesi ile ortaya çıktı.

Pasteur, boyun kısmı alev içerisinde ısıtılarak inceltilmiş kaplar hazırladı. Sulu maya karışımını kaynattı ve hava tamamıyla dışarı atılır atılmaz kabı boyun kısmından sıkıca kapattı. Ağzı açılmadığı takdirde kabın içinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmiyordu. Daha sonra bu kapları alıp değişik yerlere götürdü ve boyunlarını kırarak havanın içeri girmesine izin verdi. Mikrobun olmaması gereken yerlerde Pasteur, daha önce alevle ısıtılmış bir kerpetenle kapların boyun kısmını kırıyor ve kabı bu arada, elbiselerinden mikrop bulaşmasını önlemek için, baş hizasının üstünde tutuyordu. Seçilen yerde havanın kabın içine girmesini sağladıktan sonra, kabın boyun kısmı yeniden alevle ısıtılarak kapatılıyordu. Pasteur bu yolla, sulandırılmış maya ve değişik yerlerden hava örnekleri içeren bir dizi kap hazırladı. Olağan yükseltilerde havayla temas ettirilmiş kapların küflendiğini, buna karşın yüksek dağların üzerinde aynı işleme tabi tutulanlarda çok seyrek değişiklik olduğunu buldu. Fransa Alpleri'nde 2000 m. yükseklikteki bir buzul üzerinde ağzı açılan 20 kaptan yalnızca bir tanesi bundan etkilenmişti.

1863 yılında Pouchet bu bulguya karşı çıktı. İki çalışma arkadaşıyla beraber, Pasteur'ün deneylerini yinelemek üzere Pirene dağlarına gitti. Bu deneylerde yüksek bir irtifada ağzı açılan 8 kabın tamamı da bundan etkilendi. Bu, kirli olmayan havanın bile, yaşam oluşturan sü-

reci başlatmaya yeterli olduğuna işaret ediyordu. Pouchet, kapları açmak için kerpeten yerine önceden ısıtılmış bir eğe kullanmanın dışında Pasteur'ün öngördüğü her türlü önlemi almıştı.

Kurulun Günahları

19. yy.'m ortalarında, Fransız biliminin son kertede merkezci olan yapısı içerisinde, bilimsel anlaşmazlıklar Paris'te bulunan Academic des Sciences'da oluşturulan kurullarca hallediliyordu. Bu kurullardan çıkan kararlar, Fransız bilim dünyasının neredeyse resmi görüşü haline gelmişlerdi. Birbiri arkasından iki kurul kendiliğinden üreme tartışmasında görev aldı. Pouchet'nin Pirene deneylerinden önce kurulan ilki, "iyi yürütülmüş deneylerle kendiliğinden üreme adı verilen soruna yeni ışık tutana" verilmek üzere bir ödül koydu. Belki şans eseri, belki de bilerek, kurulun tüm üyeleri Pouchet'nin düşüncelerine olumsuz yaklaşanlardan seçilmişlerdi ve bunların bir kısmı, daha kanıtları tam olarak incelemeden kararlarını açıklamışlardı. Üyelerden ikisi Pouchet'nin zaten en baştaki deneylerine bile olumsuz tepki göstermişlerdi ve diğerleri de kendiliğinden üremeye karşı olmaları ile tanınıyorlardı. Pouchet yarışmadan çekilerek Pasteur'ü rakipsiz bıraktı ve Pasteur 1861 yılında yazmış olduğu ve konusu, havadaki mikroorganizmalara bağlı olarak değişik maddelerin bozulmasını gösteren deneyler olan el yazması bir yapıtı sayesinde ödülü aldı.

İkinci kurul, 1864 yılında Pouchet'nin Pireneler'de gerçekleştirdiği deneyler üzerine oluşturuldu. Bu deneyler, Academie'nin, konunun kapandığını sanan üyelerinin birçoğunda kızgınlık yarattı. Yeni kurul işe oldukça iddialı bir açıklamayla başladı: "Belli yerlerde, herhangi bir fiziksel ya da kimyasal değişikliğe uğramamış önemli miktarda havayı elde etmek mümkündür ve böylece elde edilen hava, bozulabilir bir sıvı içerisinde olabilecek herhangi bir değişmeye neden olmaktan uzaktır" (Dubos'ta bir alıntı, 1960, s. 174) . Pouchet ve arkadaşları buna meydan okudular: "Eğer kaplarımızdan hiç olmazsa biri bile bozulmamış olsaydı, yenilgimizi hiç çekinmeden kabul ederdik." (Dubos'ta

bir alıntı, 1960, s. 174)

İkinci kurul da, görüşleri Pouchet'ninkilere karşıt olduğu bilinen kimselerden oluşuyordu. Pouchet ve arkadaşları bunu öğrendiklerinde, sınamanın içeriğini değiştirmeye çalıştılar. Onlar, sınamanın kapsamını genişletmek amacındayken, Pasteur sınamanın, olabilecek en küçük miktardaki havanın bozulmaya neden olup olmayacağını bulmakla sınırlandırılmasında ısrar ediyordu. Yarışmanın ilk haline göre, Pasteur'ün göstermesi gereken tek şey, içindeki maddeyi değişikliğe uğratmaksızın havanın bir kaba doldurulabileceğiydi. Neyin referans alınacağı konusundaki istediği değişiklikleri yaptırmayı başaramayan Pouchet, kuruldaki dengeler gözönüne alındığında, hakça bir sonuç alınamayacağını düşünerek yarışmadan çekildi.

Pouchet'nin tartışmadaki savunduğu tez, yarışmadan iki kere çekilmiş olması nedeniyle fazla taraftar toplayamadı. Kurulların görüşlerinde tamamiyle yanlı olmalarının, topyekün Pasteur'ün arkasında yeralan bilim dünyası için hiç bir önemi yoktu.

Pasteur'le Pouchet Arasındaki Tartışmada Geriye Bakış ve İleriye Dönük Umutlar

Pouchet'nin konumu, daha çok kaderi hakkındaki delillere bağlı olan bir suçlununkini andırıyordu. Suçluya kendisi için birtakım deliller oluşturabilme şansı verilmişti, ancak bunların takdiri, hem yargıç hem de jüri konumunda olan iddia makamının tekelindeydi. Pouchet'nin niye geri çekildiğini görmek kolaydır. Pasteur'ün, Pouchet'nin Pireneler'de gerçekleştirdiği deneyleri, kapların boyunlarının kerpeten yerine eğeyle kesilmesi nedeniyle geçersiz ilan etmesini de anlamak zor değildir. Cam parçalarının, -daha önceden ısıtılmış olsa bile- eğe ile bir şekilde kirlenmiş olduğunu ve demlendirilmiş sulu samanın içine düşerek besin maddelerini küflendirildiğini düşünebiliriz. Eğer Pouchet, kurul tarafından aynı Pasteur gibi sterilize edilmiş kerpeten kullanmaya zorlanmış olsaydı, kapların birçoğunun değişmeksizin kalacağını da düşünebiliriz. Böylelikle diyebiliriz ki, Pouchet'nin sinirlerinin,

kendisine teknik bir deli gömleği giydirilmek istenmesi karşısında iflas etmiş olması, belki de onu daha utanç verici bir durumdan kurtarmıştı. Her iki kuruldaki dengeler adil oluşturulmamışsa da, bu olsa olsa sadece tarihsel bir olaydı ve verdikleri şaşmaz bilimsel hükme etki etmezdi?

İlginçtir bugün, Pouchet'nin eğer sinirlerine hakim olabilseydi yarışmayı kaybetmeyeceği anlaşılmaktadır. Pouchet ve Pasteur birbirlerinden kullandıkları besin ortamı açısından farklılaşıyorlardı; Pasteur maya, Pouchet ise demlendirilmiş sulu saman kullanıyordu. Sulu samanın içerisinde kaynatmayla bile öldürülemeyen bir sporun varlığı, 1876 yılına gelinceye dek henüz keşfedilememişti. Mayalı karışımın kaynatılması içindeki yaşamı yokederken, aynı yolla sulu saman sterilize edilemiyordu. Günümüzde birçok eleştirmen, eğer yarışmadan çekilmemiş olsaydı Pouchet'nin yanlış nedenlerle de olsa başarıya ulaşabileceğini belirtmektedirler. Pasteur'ün, Pouchet'nin samanla gerçekleştirdiği çalışmasını bizzat yinelediğinin hiçbir yerde kaydına rastlanmamış olduğunu da belirtmek gerekir. Gerçekte, kerpetenin yerine eğenin kullanılmış olmasından şikayet etmenin dışında, Pasteur'ün Pirene deneylerinden sözettiğine rastlamamaktayız; enerjisini daha çok, kolaylıkla izah edebildiği, daha önceleri cıva dolu teknelerle gerçekleştirilmiş olan deneyler için harcamıştır. Pireneler'de gerçekleştirilen deneylerde, pek tabii ki, daha önceki deneylerde kirletici rolü olduğu varsayılan cıva kullanılmamıştır. Yararlandığımız kaynaklardan birinde bu "Eğer Pasteur bizzat Pouchet'nin deneylerini tekrarlamış olsa bile, sonuçları kendine saklamıştır." (Farley ve Geison'da bir alıntı, 1974, s. 33) biçiminde ifade edilmektedir. Sanki Pirene deneyleri hiç yapılmamış gibi tartışma sonuçlandırıldı ve hükme bağlandı.

Saman ve maya arasındaki fark, şimdiki bakışımızla, kurulun vardığı sonuçlara keskin bir ironi katmaktadır. Biz yine de, Pouchet'nin mücadeleye devam etseydi akıllıca davranmış olacağını ve bilimsel gerçeklerin (öyle ya da böyle) ortaya çıkacaklarını düşünmüyoruz. Günümüzün anlayışına göre, demlendirilmiş sulu saman ile ilgili gerçekler, dengelerin gözetilerek oluşturulduğu bir kurulu bile, kendiliğinden

üreme sonucuna götürecektir. Biz ise buna inanmıyoruz. Kurul Pouchet'nin bulgularına bir açıklama getirip geçersiz ilan edecekti.

Açıklama

Pasteur'ü savunanlardan bir bölümünün, bugün bize bir diğer bilimsel aykırılık gibi görünen birşeyden yüreklenmiş olmaları ilginçtir. O sıralar, Darwinizm'in kendiliğinden üreme düşüncesine dayandığı düşünülüyordu. Academie des Sciences'ın sekreteri, ikinci kurulun oluşturulduğu yıl içerisinde Darwinizm'e karşı kaleme aldığı bir yayında, kendiliğinden üreme düşüncesinin başarısızlığa uğramasını ana argüman olarak kullanmıştı ve "kendiliğinden üreme artık geçerli değildir. M. Pasteur konuya yalnızca ışık tutmakla kalmamış, aynı zamanda çözüm de getirmiştir." diye yazmıştı. (Farley ve Geison'da bir alıntı, 1974, s. 23) Yani Pasteur aynı kendiliğinden üreme düşüncesine olduğu gibi, evrim kuramına da son darbeyi indirmişti. Bir aykırılık diğerini yoketmişti. "Herşeyin en sonunda doğruya vardığını", bilimin yanılmaz olduğunu sananlar bir kez daha düşünmelidirler.

Son olarak belirtmeliyiz ki, eğer Pasteur deneylerine biraz daha devam etmiş olsaydı, bu deneyleri durduracak birtakım şeylerin varlığı bugün bilinmektedir. Samanda bulunana ek olarak, 100° C'de kaynatmaya dayanıklı daha birçok spor bulunmaktadır. 20. yy.'ın başlarında Henry Bastian, bilmeden bu ısıya dayanıklı sporların çoğunu keşfetmiş olduğundan, kendiliğinden üreme düşüncesini destekliyordu. Bundan başka bakterilerin etkinliği yalnızca ısıya değil, suyun asitlik derecesine de bağlılık gösterir. Asitli bir çözeltide ölü gibi görünen sporlar, alkaliler (bazik çözeltiler) içerisinde yaşam oluşturabilirler. Bütün bu nedenlerden ötürü tartışmanın temelini oluşturan bu tür deneylerin değişik yollardan geçersizliği gösterilebilir. Tamamiyle steril olduğundan emin olabilmek için bir sıvıyı basınç altında 160°C'ye kadar ısıtmak ve/veya birbiri arkasından defalarca yinelenerek düzenli sürelerle uygulanan ısıtma ve soğutma işlemlerine tabi tutmak gerekir. Bugün biliyoruz ki, Pasteur'ün deneyleri birçok değişik nedenlerden ötürü başarısızlığa uğrayabilirdi ve uğramalıydılar. Yapabileceğimiz en iyi tah-

min, bunun da zaten böyle olduğu, ancak Pasteur'ün neyin sonuç, neyin "yanlışlık" sayılacağını gayet iyi bildiğidir.

Pasteur büyük bir bilimadamıydı, ancak yaptıklarıyla bugünkü bilimsel yöntem kitaplarında yeralan idealler arasında pek az benzerlik bulunmaktadır. Pasteur, birçoklarının bilimsel yöntem olarak kendilerine örnek aldıkları steril davranış biçimlerine kendini zorlamış olsaydı, bunun bugün mikroorganizmaların doğası ile ilgili düşüncelerimize ne gibi etkilerde bulunacağını kestirebilmek o kadar kolay değildir.

V

Evrende Yeni bir Pencere: Kütleçekimsel Işınımın Saptanamaması

Kütleçekimsel Dalgaların Saptanması

1969 yılında Maryland Üniversitesi'nden Prof. Joseph Weber, uzaydan gelen çok fazla miktarda kütleçekimsel ışınımın varlığına ilişkin kanıtlar bulduğunu iddia etti. Kendi tasarımı olan yeni bir dedektör kullanarak saptadığı ışınım miktarı, astronomların ve kozmologların kuramsal olarak öngördüklerinden çok daha fazlaydı. Daha sonraki yıllarda bilimadamları, Weber'in iddialarını sınamayı denediler, ama hiçkimse bunları doğrulayamadı. 1975 yılına gelindiğinde, olsa olsa ancak birkaç bilimadamı, Weber'in bulduğunu söylediği miktarda ışınımın varlığına inanıyordu. Fakat, bugün herşey nasıl görünürse görünsün, tek başına kuram ve deney kütleçekimsel ışınımın varolup olmadığı konusuna açıklık getirememiştir.

Kütleçekimsel ışınım, radyo dalgaları gibi elektromanyetik dalgaların kütleçekimsel eşdeğeri olarak düşünülebilir. Birçok bilimadamı Einstein'ın genel görecelik kuramının, büyük kütleleri harekete geçirmenin kütleçekimsel dalgalar oluşturduğunu öngördüğü konusunda

aynı görüştedirler. Sorun, bunların çok zayıf dalgalar olmalarından ötürü saptanmalarının çok zor olmasıydı. Örneğin hiçkimse, bugüne değin yer üzerinde kütleçekimsel ışınımı saptanabilir miktarlarda üretebilmenin yolunu bulabilmiş değildir. Bununla birlikte, evrendeki olağanüstü şiddetli olaylarda ortaya çıkan büyük miktarlardaki enerjinin önemli bir bölümünün kütleçekimsel ışınım şeklinde depolanmış olması gerektiği kabul edilmektedir. Yer üzerinde saptanabilir olan işte budur. Patlayan süpernovalar, kara delikler, ve çift (binary) yıldızlar, kendilerini yeryüzünde "G" değerindeki küçük değişimler biçiminde hissettiren, büyük kütleçekimsel dalga akıları üretiyor olmalıdırlar. G, bir nesnenin diğerine uyguladığı kütleçekimi ile ilgili bir sabittir ve beklenildiği gibi, ölçülmesi bile yeterince zordur.

Cavendisch 1798 yılında iki büyük kurşun top arasındaki kütleçekimsel etkileşimi ölçtüğünde, bu deneysel bilimin bir zaferiydi. Bu etkileşim gücü topların ağırlıklarının 500 milyonda birine karşılık geliyordu. Kütleçekimsel ışınımın araştırılması, bu küçük gücün araştırılmasından inanılmaz derecede daha zordur, çünkü kütleçekimsel dalganın bir darbesi, bu küçük gücün içerisindeki belli belirsiz bir değişimden ibarettir. Örnek vermek gerekirse, 1975 yılında çalışır halde olan küçük boy kütleçekimsel antenlerden biri (dedektörlere çoğunlukla anten adı verilir), camdan yapılmış içi boş (vakum) bir boru içerisine konmuştu. Tam ortadaki çekirdek kütle, yaklaşık 100 kg. ağırlığında metalden oluşuyordu, ama küçük bir flaştan patlayan ışığın metal kütle üstündeki etkisi, aletin kaydedici ibresini kadranından saptırmaya yeterliydi.

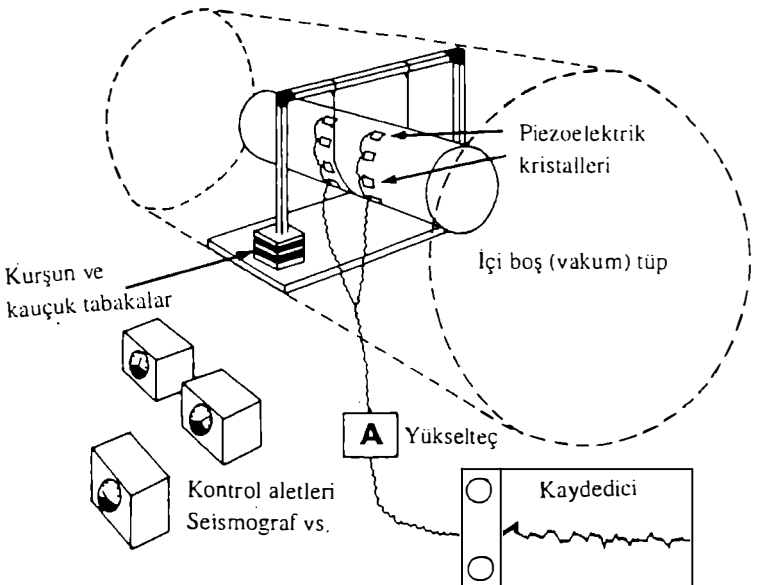
Weber 1960'lı yılların sonlarında, kütleçekimsel ışınımı saptamak için kullanılan standart bir yöntemin öncülüğünü yapmıştır. O sıralar Weber, alüminyum alaşımından yapılmış bir çubuğun (bar) parçaları arasındaki kütleçekimsel etkileşimdeki değişmelerin, uzunluğa olan etkilerini (gerilimleri) araştırıyordu. kütleçekimsel ışınımın bir darbesinin (dalgasının) geçmesi sırasında, tonlarca ağırlıktaki böylc bir çubuğun boyutlarını bir atomun yarıçapından fazla değiştirmesi beklenemezdi. Neyse ki, ışınım bir osilasyon şeklindeydi ve eğer çubuğun bo-

yutları doğru seçilirse, ışınımın frekansında titreşecek ve hatta bir zil gibi "çalacaktı". Bu darbe enerjisinin ölçülebilir bir şeye dönüştürülebildiği anlamına geliyordu.

Weber anteni, ağır metal bir çubuğun yanısıra titreşimleri ölçen bazı araçlardan oluşur. Çoğunlukla gerilime duyarlı olan "piezoelektrik" kristaller çubuğa yapıştırılır, olmazsa monte edilir. Bu kristaller, yapılarında bir bozulma meydana geldiğinde, elektriksel bir gerilim üretirler. Kütleçekimsel dalga dedektöründe, kristallerin bozulması (deformasyon) ile oluşan gerilim o kadar zayıftır ki, saptanabilmesi neredeyse imkansızdır. Bu da, kristallerden gelen sinyalin eğer ölçülebilmesi amaçlanıyorsa, yükseltilmesi (amplifikasyon) gerektiği anlamına gelir. Tasarımın en önemli bölümü öyleyse sinyal yükselticisi olmaktadır. Bir kere yükseltildiklerinde, sinyaller bir çizelge üzerinde kaydedilebilir, ya da bilgisayara verilerek hemen analiz edilebilir.

Bu tür araçlar, aslında kütleçekimsel dalgaları değil, metal çubukta oluşan titreşimleri saptamaya yararlar. Kütleçekimsel ışınımdan kaynaklanan titteşimlerle, diğer etkenlere bağlı olanları ayırdedemezler. Yani, kütleçekimsel dalgaları saptamak amaçlı, akla uygun bir deneme gerçekleştirmek için, çubuğun deney ortamına etki edebilecek - elektriksel, magnetik, termal, akustik ya da sismik- her türlü bilinen dış etkenden yalıtılması şarttır. Weber, bunu çubuğu içi boş (vakum) bir boru içerisinde, ince bir tel üzerinde asarak gerçekleştirmeye çalıştı. Ortam yer yüzeyinden kendine has ve etkin bir şekilde, kurşun ve kauçuk tabakalar aracılığıyla yalıtılmıştı.

Bütün bu önlemlere rağmen çubuk, normal şartlarda hareketsiz değildir. Mutlak sıfır (-273 C) üzerinde bir sıcaklığa sahip olduğu sürece, kendi atomlarının rastgele devinimlerine bağlı olarak titreşimler içerecektir; bu durumda da gerilim ölçerler, sürekli bir "termal gürültü" çıktısı kaydedeceklerdir. Eğer bu kayıt (başka bir çok deneyde olduğu gibi) bir grafik kağıdı üzerine çizilirse, rastgele dağılmış tepe ve çukurlar içeren, kesik kesik inişleri ve çıkışları olan, dalga şeklinde bir eğri ortaya çıkacaktır. Bir kütleçekimsel dalga, kendini örneğin oldukça yüksek bir tepe noktası şeklinde gösterilebilinir, fakat burada hangi



Şekil 5.1 Weber'e ait kütleçekimsel dalga anteni. Weber'in sismik yalıtım yöntemi, Michelson-Morley deneylerinde kullanılan (2. bölüme bakınız) ağır ve sağlam dayanaklarla karşılaştırılabilir. Bu tür ağır dayanaklar aslında aygıtı toprağa gayet sıkı bir şekilde bağlayarak, belli titreşimlerin aygıta aktarılmasını sağlıyordu. Hatırlarsak, Michelson laboratuvarından 100 metre uzaklıkta yere vurulduğunda aygıtında titreşimler olduğunu keşfetmişti. Weber'in kullandığı türdeki dedektörler, ustaca yalıtım tekniğine ve ışınımın dar dalga bandına (narrow waveband) bağlı olarak bütün bunlara çok daha az duyarlıdırlar.

eşik seviyesinin (threshold) üzerindeki tepe noktasının, arzu edilmeyen "gürültü" değil de kütleçekimsel dalga sayılması gerektiği konusunda bir karar vermek gerekir. Ancak eşik seviyesi ne kadar yüksek

olursa olsun, gürültüden kaynaklanan bir tepe noktasının, zaman zaman bu eşiği aşması beklenebilir. En azından birkaç kütleçekimsel dalganın saptandığından emin olmak için, yalnız gürültü nedeniyle "kazara" oluşan tepelerin sayısı kestirilmeli ve bundan sonra da, eşik seviyesinin üzerindeki toplam tepe sayısının bundan büyük olmasına dikkat edilmelidir. 1969 yılında Weber günde -yalnızca gürültüyle açıklanamayacak- yaklaşık 7 tepe noktasının saptandığını bildirdi.

Weber'in İddialarının ve Kütleçekimsel Işımanın Bugünkü Durumu

Weber'in iddialarına bugün neredeyse hiç inanan kalmamıştır. Yine de kütleçekimsel ışınım üzerine araştırmalar devam etmektedir. Weber'in bulguları, modern kozmoloji kuramlarıyla bağdaşmayacak kadar çok kütleçekimsel ışınım saptamış gibi görünmesinden ötürü, şüpheyle karşılanmıştı. Eğer Weber'in sonuçlarından, evrenin düzgün olduğunu ve kütleçekimsel ışınımın Weber'in en iyi saptayabileceği frekansta toplanmadığını varsayarak -ekstrapolasyon yoluyla- birtakım çıkarımlar yapılsaydı, ortaya çıkması gereken enerji miktarı, evrenin -kozmoloji diliyle ifade edersek- kısa sürede yanıp yokolması anlamına gelecekti. Bu hesaplamalar Weber'in bir şekilde yanıldığını göstermekteydi. Bugün geliştirilmekte olan aygıtlar, kozmologların varolduğuna inandıkları ışınım seviyesinin çok daha altındaki ışınım akılarını saptamak üzere tasarlanmışlardır. Yeni antenler 1000 milyon kat daha duyarlıdırlar ve Weber'in bulduğunu söylediği miktarların 1000 milyon kat daha küçük akımları saptayabilirler.

Gördüğünü iddia ettiği ışınım miktarı nedeniyle, vardığı ilk sonuçlara her ne kadar inanılmasa da, Weber en sonunda diğerlerini kendisini daha ciddiye almaları konusunda ikna etmeyi başarabildi. 1970'li yılların başlarında çalışmalarında kaydettiği ustaca ilerlemeler, diğer laboratuvarların kendi bulgularını sınamak üzere denemelere girişmelerini sağladı. En önemli kanıtlardan bir tanesi, herbiri birbirinden 1000 mil uzaklıktaki iki ya da daha fazla dedektörün, eşik seviyesinden yüksek tepe noktalarını aynı anda saptayabilmesiydi. İlk bakışta

sadece kütleçekimsel dalgalar gibi dünya dışı bir takım etkenler, bu eşzamanlı gözlemlerin nedeni olabilir gibi gözüküyorlardı. Diğer bir kanıt da, Weber'in kendi dedektörünün çalışması sırasında, yaklaşık her 24 saatte bir meydana gelen tepe noktaları keşfetmesiydi. Bu da, bu etkinliğin yerin dönmesiyle ilgili olduğunu gösteriyordu. Yer dönerken dedektörü de birlikte götürdüğünden duyarlılığın, eğer ışınım uzaydan çoğunlukla tek bir yönden geliyorsa, değişiklik göstermesi gerekecekti. 24 saatlik periyodlar böylelikle Weber'in dedektörlerinin, deneyle ilgisi olmayan yeryüzü etkenlerinden çok, dünya dışı kaynaklara bağlı olarak titreştiğine işaret ediyordu.

Bunun yanısıra bu periyodiklik, önceleri yerin, güneşten ziyade galaksiye göre yerdeğiştirmesine -yani astronomik yıla- bağlı gibi görünüyordu. Bu önemliydi, çünkü yer güneş etrafındaki yörüngesinde döndükçe, dedektörün gün içerisinde en hassas olduğu zamanın, mevsimden mevsime değişiklik göstereceği umulabilirdi. (Buradaki sözkonusu geometri, 2. Bölüm'deki Michelson-Morley deneyindeki ile aynıdır.) Bu, kaynağın güneş sistemi dışında olması gerektiğini gösteriyordu ve kütleçekimsel dalga dedektörünün titremesine neden olan şeyin, yer üzerindeki önemsiz olaylardan çok, kozmik olaylar olduğunu gösteren güçlü bir kanıttı. Bu etki 'yıldız korelasyonu' olarak bilinir ve dedektörün etkinliğindeki tepe noktalarının oluşma periyodlarının, yerin güneşten ziyade, yıldızlara olan ilişkisine bağlı olduğu anlamına gelir.

Diğerlerini İkna Etmek

Burada belirtmek gerekir ki, Weber'inki gibi umulmadık bir iddiayla ortaya çıkıldığında, diğer bilimadamlarını, yapılan çalışmayı yeterince ciddiye almalarına ya da en azından ona bir gözatmaya tenezzül etmelerine ikna etmek için, deney sonuçlarını yayınlamaktan çok daha fazlasını yapmak gerekir. Bir sonucun kabul edilebilir hale gelebilmesi için, öncelikle, kaynaklandığı laboratuvardan "kurtulması" gereklidir. Diğer bilimadamlarını iddiayı çürütmek için ikna etmek, işe yarar bir ilk adımdır. Weberin olayında farklı bilimadamları farklı deneysel gelişmelerle ikna edilmişti. Bazıları bir özelliğin ikna edici olduğunu dü-

şünürken, diğerleri tam tersini savunmuşlardır. Örneğin Weber'in bu konuda yaptığı özenli çalışmalardan ilki, birbirinden uzak mesafelerle ayrılmış iki (ya da daha fazla) dedektörlerce kaydedilen rastlantı sonucu eşzamanlı (coincidences) sinyallerin varlığının gösterilmesiydi. Bazı bilimadamları bunu ikna edici buldular. O sıralar (1972) bir bilimadamı Collins'e şöyle der:

> "... ona yazarak rastlantı sonucu oluşan eşzamanlı sinyallerin, özellikle üç ya da dört dedektörlü durumda da oluşup oluşmadığını sordum; zira bu benim için ana belirleyici etkendi. üç ya da dört dedektörün aynı anda, aynı sinyali kaydetmesi olasılığı oldukça düşüktür."

Öte yandan, bazı bilimadamları bu tür rastlantıların (eşzamanlı sinyallerin) kullanılan elektronik gereçlere, şansa ya da diğer insan yapısı etkenlere bağlı olarak kolaylıkla oluşabileceğine inanıyorlardı. Nitekim:

> "... konuşurken ortaya çıktı ki, dedektörlerin elektronik donanımı bile birbirinden bağımsız değildi. Her iki sinyalin de içeriğinde bazı ortak noktalar göze çarpmaktaydı. Dedim ki, ... rastlantıların olması hiç de şaşırtıcı değil. Böylelikle herşeyi tekrar bir kenara attım."

Weber tarafından gerçekleştirilmiş diğer bir ayrıntılı çalışmada, sinyal uzakta konumlanmış diğer bir dedektörün sinyaliyle karşılaştırılmadan önce, dedektörden belli bir gecikmeyle geçirilmesi sözkonusuydu. Bu şartlar altında herhangi bir rastlantı olamazdı -diğer bir deyişle, herhangi bir rastlantı tümüyle bir kazanın ürünü olacaktı. Weber sinyallerden biri diğerine göre geciktirilirse eşzamanlı oluşan sinyallerin sayısının gerçekten de düştüğünü, dolayısıyla elektronik gereçlere ya da şansa bağlı olmadığını gösterdi. Birçok bilimadamı geciktirme deneyini çok ikna edici bulurken, diğerleri bunun aksini düşünüyorlardı.

Weber'in kütleçekimsel dalgaların tepe noktalarının yıldız zamanı

ile olan korelasyonunu keşfetmesi, birçok bilimadamı için açıklanması gereken olağan dışı bir olaydı, nitekim:

> "... Geciktirme deneyini daha fazla görmezden gelemezdim. rastlantıların ortadan kaldırmak için daha başka mekanizmalar icat edilebilir... Yıldız korelasyonu bana göre beni, deneyin tümü içerisinde ayağa kaldırıp meraklandıran tek şeydi... Eğer bu sözkonusu yıldız korelasyonu yokedebilirse, deneyin tamamı kaldırılıp bir kenara atılabilir."

Buna karşılık iki bilimadamı ise şöyle bir açıklamada bulundular:

> "Sonunda çoğumuz ikna olduk... özellikle verileri bir bilgisayarın analiz ettiğinin ve aynı sonuca ulaştığının bildirilmesinden sonra. Verilerin bilgisayara verilmesi işin en inandırıcı tarafıydı."

Ancak bir diğeri ise şöyle diyordu:

> "Biliyorsunuz ki, Weber birtakım insanlara kendisi için programlar yazdırdığını (hands off)! söyledi. Bunun ne demek olduğunu bilemiyorum... Beni ve birçok kimseyi rahatsız eden şey, onun verileri analiz biçimi ve bunu bilgisayarla yapıyor olması pek birşey farkettirmiyor...

Diğerlerini ikna edecek deneysel başarıyı göstermek, bilimde olduğu kadar söz sanatında da beceri gerektiriyordu.

Deneycinin İçine Düştüğü Çıkmaz

1972 yılına gelindiğinde, diğer birçok laboratuvar kütleçekimsel ışınımı araştırmak için ya antenler kurmuştu, ya da kurmaktaydı. Bunlardan üçü, bu konuda olumsuz sonuçlar yayınlayabilecek kadar uzun süredir çalışıyordu. Şimdi Weber'in deneyini yinelemeye çalışan bir bilimadamının karşılaştığı zorlukları hayal etmeye çalışalım. Böyle bir araştırmacı oldukça hassas bir aygıt üretmiş ve aylar süren bir zaman süresince ölçümler yaparak, yüzlerce metre uzunluğunda karmakarışık kayıtlar tutmuştur. Bütün mesele, bütün bu karışık kayıtlar içinde, gürültüden ziyade, gerçek kütleçekimsel dalgalardan kaynaklanan tepe noktalarının olup olmadığıydı. Eğer yanıt 'hayır' gibi görünüyorsa, ikinci soru, Weber'in yanlışlık yapması ve yüksek akılarda kütleçekimsel dalgaların bulunmaması demek olan bu sonuçları yayınlayıp yayınlamamaktı. Bu noktada deneyci zor bir karar almak zorundaydı; kütleçekimsel dalgalar gerçekten varolabilirdi, ama olumsuz sonuç veren deney bir şekilde hata içeriyordu. Örneğin neyin gerçek tepe noktası olduğunu belirleyen eşik seviyesi hatalı seçilmiş olabilirdi, ya da yükseltici Weber'inki kadar duyarlı olmayabilirdi veya çubuk uygun bir biçimde desteklenmemiş, kristaller sinyallerin geçişine elverecek derecede iyi yapıştırılmamış olabilirdi. Eğer böyle bir durum varsa ve yüksek akılarda kütleçekimsel dalgaların varlığı ortaya çıkarsa, onların varolmadığı yolunda bir açıklamada bulunmak, bilimadamının kendisinin yetkin olmadığını ifşa etmesi demekti.

Buradaki durum, bir okul ya da üniversitedeki öğrencilerin yaptıkları uygulamalı çalışmalara pek benzemez. Öğrenci elde ettiği çıktıya bakarak, deneyi yetkin bir şekilde yapmış olup olmadığını üç aşağı beş yukarı kestirebilir. Eğer sonuç doğru (olması gereken) sınırlar içerisindeyse deney doğru yapılmış demektir; tersi durumda ise deneyde bir yanlışlık vardır. Gerçek hayatta, kütleçekimsel dalga örneğinde ve bu kitapta bahsi geçen diğer konularda olduğu gibi, sorun doğru çıktının ne olduğudur. Açıktır ki, doğru çıktının bilinmesi bize doğru yanıtı sağlamaz. Doğru çıktı kütleçekimsel dalgaların saptanabilmesi mi, yoksa saptanamaması mıdır? kütleçekimsel dalgaların varlığı konunun

en canalıcı noktası olduğundan, bunu işin başında bilmek imkansızdır.

Böylelikle neyin doğru çıktı olduğu, yeryüzüne kütleçekimsel dalgaların saptanabilir akılarda ulaşıp ulaşmadığına bağlıdır. Bunu ortaya çıkarmak için, iyi bir kütleçekimsel dalga dedektörü inşa etmemiz ve araştırmamız gerekir. Fakat dedektörümüzün iyi olup olmadığını, onu kullanıp doğru çıktıyı elde edinceye kadar bilemeyiz. Yine aynı şekilde, neyin doğru çıktı olduğunu da dedektörün iyi olup olmadığını bilmeden bilemeyiz ve bu öykü böylece sürüp gider.

Bu döngüye "deneycinin çıkmazı" adı verilebilir. Deneysel çalışma, ancak bu döngü kırılıp deneyciyi çıkmazdan çekip çıkaracak bir yol bulunursa, gerçekten bir sınama olur. Birçok bilim dalında bu döngü, başlangıçta uygun çıktı aralığı bilindiğinden kırılabilir. Bu, deneyin niteliğini -iyi yapılıp yapılmadığını- belirleyen evrensel bir ölçüttür. Böylesi bariz bir ölçütün yokluğunda, deneycinin çıkmaza düşmesi, deneyin niteliğini belirleme amacıyla başka yollar bulunarak önlenebilir; ve bu ölçüt deneyin kendi çıktısından bağımsız olmalıdır.

Bilimadamları ve Çalışmaları

Deneycinin içine düştüğü çıkmazdan ne gibi sonuçlar çıkarılmalıdır? Neyin doğru sonuç sayıldığını kimsenin bilmemesinden dolayı, kimin iyi bir deney gerçekleştirdiğini görebilmek o kadar kolay değildir. Öyleyse, kütleçekimsel dalgalar ile uğraşan bilimadamlarının kimin deneyinin doğru yapılmış olduğu konusunda anlaşmazlığa düşmesini bekleyebiliriz. Düşünebiliriz ki, belli bir sonucun, deneycinin yetkin olmamasına ve/veya aygıtın hatalarına mı bağlı olduğu konusunda anlaşmazlığa düşebileceklerdir. Bazı bilimadamlarına göre Weber'in kütleçekimsel dalgaları gözlemlemiş olmasının nedeni, yöntemlerinin ya da aygıtının kusurlu olmasıydı. Diğerleri ise ışınımı gözlemleyememiş olmanın nedeninin yetenek eksikliği, sebat yetersizliği ya da şanssızlık olduğunu düşünüyorlardı. Bu kitabın yazarlarından biri olan Collins, Britanya ve Amerika'daki kütleçekimsel dalgalar çalışmalarında rol oynamış bilimadamlarının çoğuyla görüşmüştür. Ortaya çıkan işte böyle bir anlaşmazlıktır. Aşağıda sıralanan yorumlar, 1972 yılında

yapılmış görüşmelerden alınmıştır ve bilimadamlarının diğerlerinin çalışmaları hakkındaki görüşlerinin nasıl değişiklik gösterdiğini gözler önüne sermektedir. Herbir durumda, farklı laboratuvarlarda çalışan üç bilimadamı, dördüncü bir bilimadamının deneyi hakkında görüş bildirmektedir.

W Laboratuvarı'nda gerçekleştiren deney hakkındaki değerlendirmeler:

Bilimadamı (a): "... işte bu nedenden ötürü, W'deki çalışma her ne kadar karmaşıksa da, belli niteliklere sahip olmasından ötürü, eğer birşey gözlemlemişlerse, bu biraz daha fazla inandırıcıdır... Bu çalışmanın içinde yeralan düşünce ilginçtir."

Bilimadamı (b): "Yüksek bir duyarlık elde etmeyi ümit ediyorlar, fakat açıkçası ben buna inanmıyorum. Bunu yapmanın zor kullanmaktan daha incelikli yolları vardır."

Bilimadamı (c): "Bana göre... W'deki ekip... aklını kaçırmıştır."

X Laboratuvarı'nda gerçekleştiren deney hakkındaki değerlendirmeler:

Bilimadamı (i): "... onun çalıştığı küçük bir yer... fakat... verilerini inceledim ve bazıları gerçekten çok ilginç."

Bilimadamı (ii): "Onun bir deneyci olarak yeteneklerinden kuşkuluyum, bu yüzden yaptığı herhangi bir şeyi, başkasınınkinden daha fazla sorgularım."

Bilimadamı (iii): "O deney tam bir rezalet!"

Y Laboratuvarı'nda gerçekleştiren deney hakkındaki değerlendirmeler:

Bilimadamı (I): "Y'nin sonuçları gerçekten çok etkileyici görünüyor. Çok ciddi ve profesyonelce hazırlanmışlar ve güven telkin ediyor."

Bilimadamı (II): "Sonuçlarının duyarlığı konusunda yapabileceğim en iyi tahmin, o ve ben aslında iyi arkadaşızdır ama, ... (alçak bir sesle)... onun kütleçekimsel dalgaları saptaması hiçbir şekilde mümkün olmadı."

Bilimadamı (III): "Eğer Y'nin yaptığı gibi yaparsanız ve deneyinizi birtakım teknisyenlere verir... ve onlardan deneyin yapılmasını istersenız, bu sizin birşey bilmediğinizi gösterir. Teknisyenlerin tam deney sırasında birbirleriyle konuşmadıklarından emin olamazsınız."

Z Laboratuvarı'nda gerçekleştiren deney hakkındaki değerlendirmeler:

Bilimadamı (I): "Z'nin deneyi oldukça ilginç ve başka bir ekip aynı deneyi gerçekleştiremedi diye... bir kenara atılmamalı."

Bilimadamı (II): "Z deneyi beni hiç mi hiç etkilemedi."

Bilimadamı (III): "Sonra birden Z ortaya çıktı. Bugün Z bir aldatmacadan başka birşey değildir!"

Bilimadamlarının tek bir deney hakkındaki düşünceleri farklı olabildiği gibi, her bir deneyde diğerlerinden sayısız biçimlerde farklı olabilir. Gerçekte, bir diğerinin tıpatıp eşi bir deney yapmanın ne ifade edeceğini bilebilmek oldukça zordur. Bir bilimadamının belirttiği gibi:

> "Bu tür bir deneyde, ilk başta kaçınılmaz olarak birçok olumsuz sonuç alınacaktır, çünkü etki o kadar küçüktür ki aygıttaki en küçük bir değişiklik, gözlemlerde büyük değişikliklere neden olacaktır... Demek istediğim, deneyi kurarken deney hakkında makalelerde belirtilmemiş birçok ayrıntı sözkonusudur. Sözde standart yöntemler mevcuttur, ama bu yöntemleri özel bir biçimde uygulamak gerekli olabilir."

Bu yüzden, bir bilimadamının diğerinin çalışması üzerine olan görüşüne bir açıklama getirecek ve onu haklı çıkaracak bir deneysel farklı-

lık bulmak kolaydır. Sinyal işleme yöntemleri, yükseltici tasarımı, çubuğun malzemesi, piezoelektrik kristallerin tutturulma biçimi ve diğer faktörlerdeki farklılıklar, birçok deneyi savunma ve eleştirme amacıyla ortaya atılmıştır. Ancak teknik argümanlar, başkalarının deneylerini yargılamakta yararlanılan tek kaynak değildir. Bilim dediğimiz şeyin sınırları dışına taşan, birtakım başka kuşkular da sözkonusuydu. 1972 yılında deneyciler, deneylerin sonuçlarına inanma ya da inanmamada etkili olan ve teknik olmayan etkenleri belirlemeye çalışıyorlardı. O sıralar, onlarca oluşturulmuş olan liste, aşağıdaki noktaları içermekteydi:

1. Bilimadamının, daha önceki çalışma ortaklıklarından kaynaklanan deneysel yeteneklerine ve dürüstlüğüne olan güven.
2. Deneycinin kişiliği ve zekası.
3. Bilimadamının büyük bir laboratuvarı yönetmesiyle kazandığı ün.
4. Bilimadamının endüstride mi yoksa üniversitede mi çalışmış olduğu.
5. Bilimadamının geçmişteki hataları.
6. El altından edinilmiş birtakım bilgiler.
7. Bilimadamının stili ve sonuçları sunuş şekli.
8. Bilimadamının deneye 'psikolojik yaklaşımı'.
9. Bilimadamının geldiği üniversitenin büyüklüğü ve prestiji.
10. Bilimadamının farklı bilimsel çevrelere uyum sağlama derecesi.
11. Bilimadamının milliyeti.

Bir bilimadamı, Weber'in sonuçlarına neden inanmadığını aşağıdaki biçimde açıklamıştır:

> "Gördüğünüz gibi, bütün bunların bilimle pek ilgisi yoktur. En sonunda onun deneyine döndüğümüzde, işin içinden çıkmanın pek öyle kolay olmadığını göreceksiniz."

Deneycilerin Yeterliği ve Kütleçekimsel Dalgaların Varlığı

Kimin çalışmasının daha iyi olduğu konusundaki bu argümanlar, kütleçekimsel dalgaların varolup olmadığı üzerine yapılan tartışmaya ait bir bölümdür. Eğer hangi deneylerin iyi yapılmış deneyler olduğuna karar verilebilirse, kütleçekimsel dalgaları saptamış olanların mı, yoksa bunları gözlemleyememiş olanların mı iyi olduklarına karar verilecektir. Böylece saptanacak kütle çekimsel dalgaların olup almadığı ortaya çıkar. Öte yandan, eğer kütleçekimsel dalgaların varoldukları ve saptanabilecekleri biliniyorsa, hangi dedektörlerin iyi dedektörler oldukları bilinecektir. Eğer kütleçekimsel dalgalar varsa, iyi aygıt onları saptamış olandır ve eğer kütleçekimsel dalgalar diye birşey yoksa, iyi deneyler onları gözlememiş olanlardır. Yani, neyin iyi bir kütleçekimsel dalga dedektörü sayılması gerektiğini tanımlamakla, kütleçekimsel dalgaların varolup olmadığını belirlemek aynı şeydir. Bu sürecin bilimsel ve toplumsal yönleri, içinden çıkılamayacak kadar karışıktır. Deneycinin çıkmazı böyle çözümlenir.

Kütleçekimsel Işınım: 1975

1972 yılından sonra, olaylar her geçen gün Weber'in savlarını daha az destekler oldular. 1973 yılının Haziran ayında konuya ilişkin olumsuz sonuçlar, iki hafta arayla, iki ayrı ekip tarafından *Physical Review Letters* adlı bilimsel dergide yayınlandı. 1973 yılının Aralık ayında, bir üçüncü ekip elde ettikleri olumsuz sonuçları bu kez *Nature* dergisinde yayınladı. Aygıtın duyarlığı artırılsa bile, ortada gözlemlenecek birşeyin olmadığını savlayan daha başka makaleler de bu ekipler ve başka üç ekip tarafından yayınlandı. O zamandan bu yana hiç kimse, Weber'in bulgularını onaylayan sonuçlara ulaşamamıştır.

1972 yılında, birkaç bilimadamı kütleçekimsel dalgaların yüksek akılarda varolduğuna inanıyordu ve pek az bilimadamı kendisini açıkça bunların varolmadıklarını göstermeye adamıştı. 1975 yılına gelindiğinde ise, bu işe zaman harcamış ve davayı Weber'in aleyhine yürüt-

müş önemli sayıda bilimadamı vardı. Diğerlerinin çoğu da onun hatalı olduğunu kabul etmişti ve Weber'den başka yalnızca bir bilimadamı, yüksek akıları bulmak amacıyla bir araştırmanın yürütülmeye değer olduğuna inanıyordu. Denebilir ki, deneycinin içine düştüğü çıkmazın ortaya çıkardığı sorun, 1975 yılına gelindiğinde yetkin bir biçimde çözüme kavuşturulmuştu ve o sıralar artık hemen hemen herkesçe, yüksek akılarda kütleçekimsel dalgaları saptayan bir antenin fiyasko olduğu, olsa olsa iyi tasarlanma imkanı bulamamış bir deney olabileceği "biliniyordu". Peki bu nasıl olmuştu?

Weber, görüldüğü kadarıyla, olumsuz sonuçların, adeta bir baskın gibi ortaya çıkmasına pek şaşırmamıştı. O, bir yorumcunun aşağıda belirttiği gibi, en kolay olumsuz sonuçlar alındığından, bu tür sonuçların alınmasının beklenmesi gerektiğine inanıyordu:

> "... o sıralar (1972) Weber bizi ziyaret etmiş ve bir değerlendirme yapmıştı. Sanıyorum ki, bu "kütleçekimsel dalgalar konusunda işimiz hayli zor olacak" biçiminde bir değerlendirmeydi; çünkü sinyalleri görebilmek için on ya da on iki yıl kadar çalışması gerekmişti. Deneyi yapmak çok kolay olduğundan, sinyalleri görmediğimizde niye görmediğimizi bulmaya çalışmayacaktık ve sadece bir makale yazıp (işin burası çok önemli) 'Ben onları gözlemleyemiyorum' diyecektik. Yani işlerin sarpa saracağını düşünüyordu... "

Ama hiçbirşey bulamamış olan bir deneye tam güven duymak güçtür. Weber hala kütleçekimsel dalgaları gördüğünü iddia ederken, kendi olumsuz sonuçlarının doğruluğundan emin olmaya bilimadamlarını iten şeyin ne olduğunu bilebilmek çok zordur. Niye biraz daha dikkatli olamıyorlardı ki? Bir bilimadamının belirttiği gibi:

> "... (Weber ve diğerleri arasındaki en önemli fark) Weber'in aletin başında -günde, haftada, ayda- saatlerce zaman harcamasıydı. Siz de eğer çalışıyor ve elinizdekinden en iyi sonucu çı-

karmak istiyorsanız, göreceksiniz ki ,(örneğin) diyelim ki yüz tüp arasından seçmiş olduğumuz tüp, eğer şanslıysanız, ancak bir ay kadar gürültü tübü olarak iş görecektir, hatta çoğunlukla yalnız bir hafta dayanacaktır. Birşey olur, küçük bir parça katottan kopup düşer ve şimdi artık deneyde gürültü üreten bir unsur vardır ve bunu bulup ortaya çıkarmak oldukça uzun ve zahmetlidir. Buna karşın sistemimiz, dışarıdan hala sanki hiçbirşey değişmemiş gibi gözükmektedir.

Birçok defa çalışan bir sisteme sahip olabilirsiniz. Herşey iyi gidiyor sandığınızda, bir bakarsınız durum böyle değildir. Weber'in yaptığı ve diğerlerinde olmayan, onun kendisini bir elektrik mühendisi olarak sistemine adamasıdır, kişisel adamadır.

Weber bir elektrik mühendisi ve fizikçidir; eğer onun gördüğü kütleçekimsel dalgaları diğerleri görememişse, buna yanıt, diğerlerinin kendilerini işine adamış deneyciler olmamalarıdır... Aygıtla yaşıyor olmak, benim gerçekten önemli olduğunu düşündüğüm birşeydir. Bir insanı tanımaya başlamaya benzer, bir süre sonra, karınızın -kendisi henüz farketmemiş olsa bile- ne zaman keyifsiz olduğunu anlamaya başlarsınız ya, işte onun gibidir."

Deneysel çalışmanın bu özelliği bilimadamlarını birtakım olumsuz sonuçlara bakarak hüküm verirken, daha ihtiyatlı davranmaya itmelidir. Bu deneycinin çıkmazını ifade etmenin başka bir yoludur. Bilimadamları Weber'in bulgularını lanetleyecek kadar kendilerinden emin nasıl olabildiler acaba?

Tartışma Nasıl sonuçlandı?

1975 yılında hemen hemen bütün bilimadamları Weber'in deneyinin uygun yapılmadığı konusunda -ama farklı farklı gerekçelerle- birleşmişlerdi. Bazıları Weber'in bilgisayar programındaki önemli bir hatadan ötürü bu sonuca varıyorlardı. Diğerleri ise sözkonusu hatanın (henüz çok fazla zarar oluşmadan) tatmin edici bir biçimde düzeltilmiş

olduğunu düşünüyorlardı. Bazıları arkaplan gürültü düzeyinin ve artık (arta kalan) tepe sayısının istatistik analizinin uygun yapılmadığına inanıyorlardı; diğerlerine göre ise bu nokta o kadar önemli değildi.

Weber bundan başka, kendi dedektörü ile uzaktaki bağımsız bir dedektörde, eşzamanlı sinyaller gözlediğini söyleyerek talihsiz bir hata yapmıştı. Bu eşzamanlı sinyaller, her iki dedektörden gelen kayıtlar bölüm bölüm incelenerek ortaya çıkarılmıştı. Weber'in şanssızlığı, zaman dilimlerindeki bir karışıklık yüzünden, karşılaştırılan kayıt bölümlerinin, aslında aralarında 4 saat fark olan zaman aralıklarına ait olduğunun anlaşılmasıydı; bu da Weber'in aslında, saf gürültüden sinyaller türetmiş olması demekti. Ancak yine, bildirilen sinyal seviyesinin istatistiksel olarak fazla anlamlı olmamasından dolayı, zararın çok fazla olmadığını düşünen bilimadamları rastlamak olasıydı.

Bazılarınca önemli görülen diğer bir faktör, Weber'in yıllar boyunca sonuçlarının sinyal gürültü oranını artırmayı beceememiş olmasıydı. Umulmuştu ki, Weber aygıtı geliştirdikçe sinyal de güçlenecekti. Gerçekte sinyal giderek düşüyor gibi görünüyordu. Bu, birçok bilimadamına göre, yeni bir bilimsel çalışmanın gitmesi gereken yön değildi. Bundan başka, Weber'in ilk başta açıkladığı yıldız zamanı ile olan korelasyon da kaybolup gitmişti. Yine de, belirtmek gerekirse, bu eleştiriler yalnızca bir ya da iki bilimadamı tarafından önemli görülüyordu; bütün bunların yanısıra kütleçekimsel dalgaların kozmik kaynağının sabit kalacağına ilişkin bir güvence de zaten yoktur.

Diğer laboratuvarlardan gelen, neredeyse birbirinin aynı olumsuz sonuçların önemli olduğunu belirtmeye gerek yok. Yine de, 6 civarında olan olumsuz deneyin tamamına Weber tarafından keskin bir dille eleştiri yöneltildi; bundan da önemlisi, bunlardan beşi Weber'i eleştirenlerden bir ya da birkaçı tarafından da eleştirildi! Önceki bölümlerde anlatılanlar gözönüne alındığında, bunun pek şaşırtıcı olmaması gerekir. Weber'in eleştirilerinden muaf kalabilen tek deney ise, Weber'in özgün tasarımına olabildiğince sadık kalınarak adeta bir karbon kopyası olarak gerçekleştirilmişti. Hiçkimse bunun bu derece önemli olduğunu düşünmemişti.

Tartışmada en göze çarpan şey, fizik dünyasının etkili ismi Richard Garwin'in keskin eleştirisi, dikkatli analizi ve hiç çekinmeksizin karşı duran tavrı idi. Bir bilimadamının da belirttiği gibi:

> "Bilim dünyasını genel olarak düşündüğümüzde, sözkonusu tutum ve davranışları belki de Garwin'in yayınladığı yazı perçinlenmişti. Aslında yaptıkları deney oldukça önemsizdi -küçük bir şeydi... Fakat asıl önemli olan yapılanların nasıl yazıldığıydı... Diğer herkes konuya deneme kabilinden yaklaşıyordu... Biraz çekingen ve dikkatliydiler. Sonra Garwin elindeki oyuncağı ile çıkageldi. Ancak gördüğümüz gibi, asıl etken yazıyı yazış biçimiydi."
>
> Bir diğeri de "Garwin... hepsinden yüksek sesle konuşuyordu ve elindeki verileri iyi değerlendirmişti." diyordu.
>
> Bir üçüncüsü ise "(Garwin'in makalesi)... çok açık ve anlaşılır bir tarzda, herkesi ikna edecek şekilde kaleme alınmıştı." biçiminde konuşuyordu.

1972 yılında bildirilen ilk olumsuz sonuçlar, mantıksal hata olasılıklarının hepsinin dikkatli bir araştırmasını da içeriyorlardı. Anlaşılır bir şekilde, Weber'i ilk eleştirmeye kalkan bilimadamları biraz dikkatli davranmışlardı. Onların hemen arkasından, Garwin'in özenli bir veri analizi ile hazırladığı, açık sözlü deneysel raporu ve sonuçların "Weber tarafından açıklananlarca adamakıllı çeliştiği" yolundaki pek umut vaadetmeyen iddiası gelmişti. Sonradan bir yorumcunun da belirttiği gibi, "... arkasından sonuçlar çığ gibi gelmeye başladı, (buna göre) artık kimse birşey gözlemlemiyordu."

Deneysel sonuçlar sözkonusu olduğunda, ortaya çıkan tablo, bir dizi olumsuz deneyin aslında Weber'in sonuçlarıyla olan kesinleşmiş derin uyuşmazlığı yayınlanabilir hale getirdiği, fakat bu kesinliğin ancak, deyim yerindeyse, deneysel sonuçların 'kritik bir miktarı' biriktikten sonra ortaya çıktığıdır. Garwin'in yaptığı bu birikimi sadece harekete geçirmek olmuştu.

Garwin en başından bu yana Weber'in hatalı olduğuna inanıyordu. Bu inançla hareket ederken düşünce biçimi doğruydu. Böylece Weber'in hatalarından bazılarının bir konferans esnasında geniş çapta ortaya konduğundan emin olduktan sonra, tanınmış bir fizik dergisine aşağıdaki paragrafı içeren bir "mektup" göndermişti:

> "Gösterilmiştir ki... bantlardan birinde... sözde 'gerçek' eşzamanlı sinyallerin hemen hemen hepsi... tek bir programlama hatasından kaynaklanıyordu. Böylece, kütleçekimsel dalgalardan başka bir olgu gerçekten (bu kayıtlarda yeralan) gecikmesiz fazladan eşzamanlı sinyallere neden olmuştu."

ve şunu da belirtmeyi unutmadı:

> "Weber ekibi aslında, kütleçekimsel ışınımın saptandığına ilişkin iddiaları için hiçbir inandırıcı kanıt yayınlayamadı."

Kendilerinin daha sonraki çalışmalarından bazılarıyla ilgili olarak, Garwin'in ekibinin bir üyesi dikkatimi şuna çekmişti:

> "O noktada yapılan artık fizik değildi. Peki fizik hiç yapılmadı mı? Bu açık değildir, ama açık olan bir şey varsa, o da o sıralar yapılanın kesinlikle fizik olmadığıdır."

ve şuna:

> "Görmek istediğimiz tek şey tartışmayı hemen kesmenin mümkün olup olmadığıydı, yoksa 20 sene sürmesi işten bile değildi."

Böylece, Garwin ve ekibinin katkıları olmasaydı, kütleçekimsel dalgalar üzerindeki tartışmanın nasıl kapanacağını bilebilmek çok zordur. Böylesi bir katkının gerekli olması, bir kez daha deneycinin içine düştüğü çıkmazın bir sonucu olmaktadır.

Sonuç

Kütleçekimsel dalgalar örneğinde deneycinin çıkmazı sorununun nasıl çözümlendiğini gösterdik. Kendi başlarına pek birşey ifade etmeyen olumsuz sonuçların ağırlığı gittikçe artmış, Garwin'in katkılarıyla birden hepsi tek tek sözde anlamlı hale gelmiştir. O konuşmaya başladıktan sonra yalnızca olumsuz sonuçlar veren deneyler doğru sayılır oldu, yani artık kütleçekimsel dalgalar yüksek akılarda bulunmaz olmuşlardı. Daha sonraki olumlu sonuç veren deneyler, işte bu gerçek yüzünden hatalı kabul edilmişlerdir.

Bir deney sonucunu açıklamak, kendi başına alışılmadık bir iddiayı inandırıcı kılmaya yeterli değildir. Eğer bu tür bir iddianın, onu reddetmeye çalışan diğer bilimadamlarınca dahi yeterince ciddiye alınması isteniyorsa, büyük bir açıklık ve doğrulukla sunulması gerekir. Weber, iddiaları belirgin bir biçimde dikkat çekinceye kadar, uzun süren bir dizi düzeltmeler yapmak zorunda kalmıştır. Çünkü bir kere tartışma başladığında, kuram ve deneyin kombinasyonu yalnız başına işleri halletmeye yeterli olmuyordu; deneycinin içinde bulunduğu çıkmaz buna engeldi. Bu tür konuların gerçekte nasıl çözüme kavuşturulduklarını gördük. Her ne kadar bu tür çözüm bulma ve "konuyu kapatma" mekanizmaları "bilimsel" etkinlikler sınıfına sokulmasalar da, onlarsız tartışmalı bilim işleyemez.

Tartışmanın kapanmasından önceki kütleçekimsel dalgalar biliminin, sonrakine benzemediğini fark etmek oldukça önemlidir. Önceden gerçek ve somut bir belirsizlik vardı ve bu belirsizlik gayet akla uygun bir belirsizlikti. Çok fazla çalışma yapılmış olmasına ve eldeki çok sayıdaki kuramsal ve deneysel bilgiye rağmen, konu henüz pek açık değildi. Hiçkimse, mümkün olan iki olasılığın varlığına inandığı ve bun-

lardan birinin tarafını tutma konusunda isteksiz davrandığı için suçlanamazdı. Tartışmanın çözüme bağlanmasından sonra ise, artık herşey açıklığa kavuşmuştur; yüksek akılarda kütleçekimsel dalgalar yoktur ve yalnızca yetkin olmayan bilimadamlarının bunları gözlemledikleri söylenmektedir.

Bu model, pek tabii ki, bir kere kapanan tartışmanın ilkesel olarak bir daha açılabileceğini göstermektedir. Prof. Joseph Weber, kendi sonuçlarının doğruluğuna inanmaktan vazgeçmemiştir ve özellikle öykümüzün sona erdiği 1982 yılından bu yana, kendi görüşünü destekleyen argümanlar ve kanıtlar sağlayan makaleler yayınlamayı sürdürmektedir. Yanıtlanması gereken soru, bunların acaba bilim dünyasının dikkatini çekip çekmeyeceğidir.

1972 yılının -çözümden önceki- kütleçekim bilimi, bilim okuyan öğrencilerce seyrek olarak fark edilen ya da anlaşılabilen bir bilim türüdür. Yine de, burada kitabın sonuç bölümünde yeniden vurgulayacağımız bir noktayı belirtmeden geçemeyeceğiz. Bu tür bir bilim, araştırmacı bilimadamlarının birgün karşı karşıya kalacakları bir bilimdir. Bunun yanısıra sokaktaki vatandaşın -örneğin jüri üyesi olarak- savcının sunduğu delilleri değerlendirirken ya da savunma ve enerji politikaları gibi teknik konularda oy kullanırken, dikkate almak zorunda olduğu türden bir bilimdir. Öyleyse birçok nedenle, bilimin düzenli ve kurallı olan tarafını olduğu kadar, pek tanımadığımız ona karşıt yüzünü de anlamak önem kazanmaktadır.

VI
Kamçı Kuyruklu Kertenkelenin Cinsel Yaşamı

Giriş

Teksas Üniversitesi'nde zooloji ve psikoloji profesörü olan David Crews'in bir röntgenci (sexual voyeur) olduğu düşünülebilir. Bu onun, zamanının çoğunu kertenkele ve yılan gibi sürüngenlerin garip cinsel yaşamlarını gözlemleyerek geçirmesinden ileri gelmektedir. Onun çalışması, biyologlar için önemli bir ilgi kaynağıdır ve bazen oldukça tartışmalıdır. Bu bölümün konusu, Crews'in kamçı kuyruklu kertenkelenin (whiptail lizard) belli türlerinin çiftleşme davranışları üzerine yapılmış bir dizi gözleminde odaklanmaktadır. Ancak Crews'in incelediği sürüngenlerin cinsel yaşamlarına girmeden önce, onun bir yanı kırmızı (red sided) garter yılanı üzerindeki daha az tartışmalı çalışmasına bakacağız.

Kanada'nın batısındaki çok soğuk ortam, bir omurgalı için belki de gezegenemizdeki en zor şartları oluşturur. Garter yılanının yaşam alanı işte bu çevredir. Buradaki uzun kutup kışını atlatabilmek için yılanlar kendilerine özgü bir soğuktan koruma yöntemi (cryopreservation) geliştirmişlerdir. Buna göre, yılanın damarlarındaki kan oldukça yoğun bir hale gelir, görece az öneme sahip organlarının çalışması neredeyse durur ve etkinlikleri zor saptanabilir bir düzeye iner. Ancak bahar geldiğinde, çiftleşmeye hazırlanmak üzere hızlı bir değişime girerler.

Çiftleşme dönemi kısa ve yoğundur. Uzun kış uykusundan ilk çıkanlar erkeklerdir ve sığınaklarının çıkışına yakın bir yerde, üç günden üç haftaya kadar değişen bir süre güneş altında yatarlar. Dişiler yalnız ya da gruplar halinde ortaya çıktıklarında, erkekler sırtlarında bulunan bir haberci madde (pheromone) sayesinde uyarılırlar. 100 kadar erkek bir 'çiftleşme topu' oluşturmak üzere biraraya gelirler. Eğer bir erkek çiftleşmeyi başarırsa, diğerleri hemen oradan uzaklaşırlar. Döllenmiş dişi, kendisini dölleyen erkekten aldığı pheromone sonucu, diğer erkekler için artık cazip değildir ve çiftleşme yerini terkeder. Erkekler tekrar biraraya gelerek sığınağın çıkışı yakınlarında, çiftleşmeye gelecek diğer dişileri beklemeye başlarlar.

Biyologlar bu kadar tuhaf bir adetle neden ilgilenmektedirler? Crews bir davranış nöroendokrinolojisi bilimcisidir. Vücuttaki üreme ve cinsellik davranışlarını düzenleyen sistemlerin evrimini incelemektedir. Davranışların gözlemlenmesi, organların incelenmesi ve kandaki maddelerin tahlili gibi çok çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Türler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır. Garter yılanı Crews'in özellikle ilgisini çekmektedir, çünkü bu canlının cinsel davranışı ve fizyolojisi çevrenin gerektirdiklerine ayarlanmıştır. Yılanların cinsel davranışları bize tuhaf görünebilir, fakat yaşadıkları çevrenin aşırı şartlarına mükemmel bir uyum sağlamışlardır. Crews için, garter yılanlarının davranışı, çevre etkenlerinin üremenin çeşitli özelliklerinin gelişmesinde ve evriminde ne kadar belirleyici olduklarını göstermesi açısından özel bir öneme sahipti. Çevrenin rolünü vurgulaması açısından Crews'in biyolojideki en eski tartşmalardan biri olan "doğa mı, yoksa eğitim mi etken" tartışmasında saflarını belirlediği düşünülebilir.

Crews'in üreme fizyolojisine olan ilgisi, sürüngenler konusundaki geleneksel araştırma alanlarına bir şekilde ters düşmektedir. Onun çalışması, yılanları ve kertenkeleleri doğa tarihini temel alan bir bakış açısıyla inceleyen herpetologlar ile, çeşitli hormonal denetim sistemlerini, bunların çalışmasını türlerin cinsel davranışlarına bağlamaksızın karşılaştıran nöroendekrinologların çıkarları arasında bir yere denk düşmektedir. Evrim konusuna olan ilgisi ve birden fazla türü karşılaştırması açısından, Crews'in çalışmasına evrim kuramcıları, karşılaştırmalı biyoloji bilimcileri, zoologlar ve psikologlarca da rağbet edilmek-

tedir. Birçok bilimsel yenilikçi gibi, Crews birbirinden geleneksel olan farklı yollar izlemiş değişik araştırma alanlarının yaklaşımlarını biraraya getirmiştir. Bu özelliğinden ötürü, çalışması tartışmaya ortam hazırlar niteliktedir. O ana kadar iyice araştırılmış birtakım türlerin davranışlarının ve fizyolojisinin özellikleri üzerine yeni sorular ortaya atarak, Crews bu konuların uzmanlarına adeta meydan okuyordu.

Doğal olarak, bir bilimadamının yaptığı çalışmanın meslektaşlarınınkine meydan okuması, onun çalışmasının bilimsel bir tartışmaya yolaçacağı anlamına gelmez. Bilimdeki birçok tartışmalı bulgular ve yaklaşımlar kolaylıkla yok sayılabilir. Örneğin, kuantum mekaniği ve görecelik kuramının esaslarına meydan okuyan sayısız makale yayınlanmış, ama bunların etkisi fizik dünyasında pek az olmuştur. Sorun taşıyan bazı düşüncelerin üstesinden gelmenin en akıllıca yolu onları görmezden gelmektir. Gerçekte, bir düşünceler bütününün, diğer bilimadamlarını reddetmeye zorlayacak kadar tartışmalı bir statü elde etmesi kendi içinde önemli bir başarıdır.

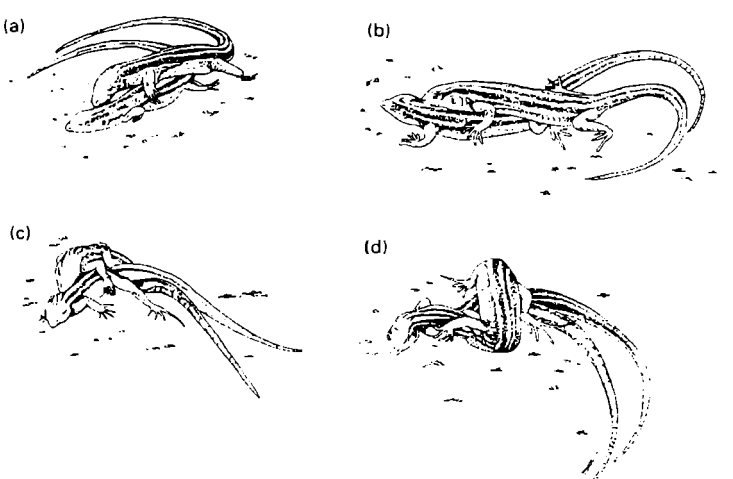
Crews kamçı kuyruklu kertenkele üzerine olan tartışmalı çalışmasını bitirdiğinde, görmezden gelinemeyecek kadar önemli bir şahsiyetti. Harvard'taki kariyerinin ilk zamanlarında bir bilimsel tartışmaya yolaçacağı akla bile gelmezdi. Yaklaşımı ve bulguları alanındaki esasları tehdit etmiyordu. Harvard'taki 7 yıldan sonra Teksas Üniversitesi'ne geçtiğinde çok saygı duyulan, göze çarpan ve iyi ilişkileri olan bir bilimadamıydı. İşte ancak o zaman (kendini kanıtladıktan sonra), düşüncelerinin radikal niteliklerini vurgulamaya başladı. Crews'in de karıştığı en yoğun tartışma yeni kuramının genel konularından çok, kamçı kuyruklu kertenkelenin cinsel davranışlarıyla ilgili öne sürdüğü birkaç belirli sav üzerinde odaklanıyordu. Onun bu omurgalı üzerindeki gözlemleri ve bunun diğer bilimadamlarınca nasıl karşılandığı, öykümüzün ana eksenini oluşturmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde bu bilimsel tartışmanın aşamalarını takip etmeye çalışacağız. Bu kadar fazla ayrıntıya girmek biraz aşırıya kaçıyormuş gibi görünebilir. Ancak okuyucuya hatırlatmak isteriz ki, tam da bu ayrıntılı argümanlar arasında bilimin henüz işlenmemiş elmasını bulmak mümkündür.

Leapin Lezbiyen Kertenkeleler

Bu başlık *Time* dergisi tarafından Crews'in *Cnemidophorus*, kamçı kuyruklu kertenkelenin cinsel alışkanlıkları üzerindeki gözlemlerini tanıtmak amacıyla kullanılmıştı. *Cnemidophorus* sürüngenler dünyasında pek alışılmadık bir yaratıktır, çünkü "parthenojenetik" bir biçimde çoğalır. Diğer bir deyişle, dişinin yumurtalarından bir erkeğin döllenmesine ihtiyaç duymadan üreyebilir. Bu özellik sözkonusu türleri, normal cinsel davranışa sahip ve erkek kalıtımsal faktörünün kafa karıştıran rolünün bulunduğu türlerde ayrıştırılıp çözümlenemeyen cinselliğin evrimsel özelliklerini araştırmak için çok uygun hale getirmektedir.

Crews Cnemidophorus üzerinde çalışmalarına başlar başlamaz, bu ilk bakışta çok garip olan davranış biçimi hemen dikkatini çekti. Eşeysiz üreyen bu kertenkeleler çiftleşmeye gereksinim duymamakta, ama



Şekil 6.1 C. Uniparens'in Cinsel Davranışı (Steven W. Allison tarafından Myers'den (1990, s. 273) alınarak yeniden çizilmiştir).

bazen üst üste binerek aynı eşeyli üreyen diğer kertenkelelerinkine benzer davranışlar göstermektedirler. Önceki araştırmacıların gözden kaçırdıkları ya da bilerek görmezden geldikleri işte bu gözlemdi ve tartışmanın en canalıcı noktasını oluşturuyordu.

Bizim öykümüze konu olan davranış şekil 6.1'de resimlerle gösterilmiştir. Herşey oldukça basit görünmektedir. Aktif dişi, diğer bir pasif dişinin üstüne tırmanmakta, kuyruğunu eşinin vücuduna dolayarak cinsel organlarının temas etmesini sağlamakta, boynunu ve arkasını okşayarak 1 ile 5 dakika arası bir süre eşinin üzerinde kalmaktadır. Bütün biyologlar bu davranışın görüldüğü konusunda hemfikirdirler. Anlaşamadıkları nokta bu gözlemlere ne gibi bir anlam yüklemek gerektiğidir.

Crews ve çalışma arkadaşı Fitzgerald için, kertenkelenin (diğer kertenkelelerde de defalarca görülen) bu garip davranışı açıkça cinsellikle ilişkiliydi. Gerçekte, görmüş oldukları şeyin o kadar anlamlı olduğunu düşünüyorlardı ki, bunu parthenojenetik türler hakkında önemli bir bilimsel keşif olarak sundular. Flört etmeyi izleyen birleşme (sarılma) davranışı, Crews'in diğer eşeyli üreyen yakın türlerde gözlemlediği alışılmış çiftleşmeye şaşılacak derecede benziyordu. Bundan başka, kertenkeleleri kesip yarma ve elle yoklama sonucu, bunun cinsel anlamı belirginleşiyordu. Sevilen ve okşanan hayvan üreme etkinliği bakımından aktif görünüp 'yumurta oluşumuna hazır büyük foliküllere (bezcikler) sahipken, kur yapan hayvan ya üreme etkinliği yönünden pasifti, ya da yumurta oluşumundan sonraki dönemde bulunuyordu ve küçük, gelişmemiş foliküllere sahipti'. Bu farklılık, sözkonusu sahte çiftleşme davranışı konusunda, bunun üreme etkinliklerini harekete geçiren olası bir rolü olup olmadığı türünden birtakım genel sorular ortaya attı.

Crews her ne kadar önemli bir keşifte bulunduğunu düşünüyorsa da, diğer biyologlar pek o kadar emin değillerdi. Bazıları had safhada kuşkuluydular. Kertenkele türü üzerindeki en tanınmış araştırmacılardan ikisi 1970'li yıllarda kromozomlara bağlı parthenojenetik mekanizmaları ortaya çıkaran, Utah Üniversitesi'nden Orlando Cuellar ve

bu tür üzerinde fizyolojik çalışmalara öncülük etmiş olan, Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nden C. J. Cole, Crews'in iddialarına karşı çıkmakta gecikmediler. Yıllarını *Cnemidopherus* araştırmalarına ve onların kafeslerdeki bakımını öğrenmeye harcamış olan bu bilimadamları için Crews işe yeni başlayan bir acemiydi. Kertenkeleleri uzun dönemler boyunca dikkatlice gözlemleyeceğine, kendi görüşlerine göre, birkaç garip davranış biçimi yakalayıp, bunu diğer sayıca pek az hayvanda da gözlemleyince, sansasyonel bir iddia ortaya atmıştı. Cuellar ve Cole özellikle *Time* dergisinin olaya el atmasından rahatsız olmuşlardı; kertenkelelerin cinsel yaşamı medyaya konu olmuştu.

Cole ve Cuellar'ın ilk tepkisi, normal olmayan bu davranış biçiminin o kadar da önemli olmadığını söylemek oldu. Kendileri de dahil olmak üzere, diğer bilimadamlarının da kertenkeleler arasında bu tür davranışları gözlemlemiş olduklarından, ortada garip ve şaşırtıcı bir şey olmadığını iddia ettiler. Yani Crews, parthenojenetik türlerin araştırması için önemli bir şey bulduğunu söylerken sadece yanılıyordu. Gözlediği davranış önemsiz bir şeydi: doğal değildi ve hayvanların kapatılmış olmalarından kaynaklanıyordu. Bundan başka daha deneyimli bir araştırmacı bunda aldanmayacak, kuşkusuz insan yapısı olan bu sonucu görmezden gelmeyi yeğleyecekti. Öyleyse sorun, kertenkelenin davranışının, eleştirmenlerin belirttiği gibi, kafes içerisindeki aşırı kalabalık şartlardan kaynaklanan insan yapısı bir durum mu, yoksa üremeye yönelik davranışların daha önce ihmal edilmiş önemli bir parçası mı olduğunu ortaya çıkarmaktı.

Bilimsel tartışmaların bir özelliği, tarafların yeterliklerini de bahis konusu yapmasıdır. Genel olarak bilimde yeteneğin varlığı sorgusuz sualsiz kabul edilir. Ancak, bilimsel bir tartışmada, tartışılmakta olan bilimsel konular ve ilgili bilimadamların yeteneklerinin çözümlenmesi zordur. Crews ve onu eleştirenler arasındaki bir sonraki tartışmada, araştırmacıların hünerlerini ortaya koyma gereksinimi gözle görülür bir hale gelmiştir.

Tartışmanın çoğu yayınlanmış ve bilimsel literatürde yerini almıştır ve yeterliğin ortaya konmasına giderek daha fazla önem verilmesi-

nin bir işareti, normal olarak makalelerde kısa tutulan "yöntemler" bölümünün genişletilmesidir. Crews ve Fitzgerald'in ilk makalesinde yöntem bölümü, onlara eşlik eden birkaç kertenkele fotoğrafı ile birlikte sadece birkaç satırdan oluşmaktaydı. Ancak, beş yıl sonra, onlara yapılan eleştirileri kanıtlarla çürütme aşamasına geldiklerinde kertenkelelerin bakımı, gözlem yöntemleri ve diğer birçok konu hakkında önemli miktardaki ayrıntının varlığı göze çarpmaktadır. Tartışma koyulaştıkça, bu türden gözlemleri yapabilmek için gerekli olan yetenek ve yeterlik de bahis konusu olmaya başladı. Örneğin, Crews'e olan yayınlanmış saldırısında, Orlando Cuellar kafes içerisindeki *Cnemidophorus*'un yumurtlama dönemlerini bir on yıl boyunca gözlemleme konusundaki kendi uzun deneyimlerine ve üreme dönemleri hakkındaki eksiksiz bilgisine değiniyordu. Söylediğine göre, Crews'in gördüğü davranışı 15 yıl boyunca kendi laboratuvarında ara sıra gözlemlemiş olmasına karşın bu oldukça önemsizdi.

Aynı şekilde Cole ve townsend, Crews ve Fitzgerald'a verdikleri yanıtlardan birinde, kendilerinin gözlemci olarak yeteneklerini vurgulamakta, gözlemlerinin -Crews ve Fitzgerald'in kısa sürmüş çalışmasının aksine- ayrıntılarını ve süresini ve davranışları sınıflama sistemlerinin inceliklerini özenle belirtmekteydiler. Hatta kertenkeleleri nerede barındırdıklarını (ofislerinde) ve onlarla kişisel olarak ilgilendiklerini söylemeyi ihmal etmemişlerdi. Yine bu türden ayrıntılar normal olarak alışık olduğumuz araştırma raporlarında yer almazlar.

Ancak bilimadamlarının yeteneklerine bu kadar çok kişisel göndermeler yapmak ve laboratuvardaki günlük işlerin ayrıntısına bu derece inmek, istenmeyen bir etki yaratır ve bilimi, dünyasal etkinliğin yeteneğe bağlı olan diğer alanlarına daha çok benzer kılar.

Alışılmış bir bilimsel yayının bu tür etkenlerin rolünü en aza indirmeye çalışması rastlantı değildir. Bilimi özel bir etkinlik alanına sokan bu tür tartışmaların yokluğunda, bilimadamları yalnızca birer aracı ya da doğanın edilgen gözlemcileri konumuna düşerler. Çünkü beceri ve hünerin ortaya konmasının bilimsel bir tartışma sırasında önemli hale gelmesiyle, bilimi yapanın ne olduğunu daha iyi görmeye başlarız.

Olağan durumda saklı olan süreçler ortaya çıkmaya başlarlar.

Crews ve çalışma arkadaşları Cuellar'a verdikleri yanıtla, ironik bir şekilde, onun kendi çaba ve tecrübesini öne çıkarmasını onun aleyhine dönmesini sağladılar. Onun sahte cinsel birleşme (yakınlaşma) davranışını gerçekten görmüş olduğunu kabul etmesini kendi gözlemlerinin doğrulaması olarak aldılar ve bu davranışın, kendisinin ilk tasarladıklarından kaynaklanan önemini farketmedeki başarısızlığının üzerine gittiler. Bu Crews'in ortada olanı görmekten çok, kendisini eleştirenleri çamura bulanmış, paradigmalar içerisine hapsolmuş ve geleneklerin dışına çıkmayan kişiler olarak gösterme çabasının bir parçasıdır. Bu türlü bir 'Jön Türkler' stratejisine bilimsel tartışmalarda rastlamak mümkündür.

Argümanların yeterlikle ilgili bölümü, gözlemcilerin dikkati konusunda odaklanmaktadır. Burada eleştirmenler Crews ve Fitzgerald'ın gözlemlerinde yeterince dikkatli davranmadıklarını iddia etmektedirler. bir tartışmadaki diğer birçok argüman gibi dikkatsizlikle ilgili argüman da, her iki tarafın aleyhine çalışabilir. Cole ve Townsend'e yanıt verirlerken Crews ve ekibi bu yolu izlemişlerdir; uygulanan yöntemlerdeki gözle görülen belirsizliklerin üzerine gitmişlerdir. Belirttiklerine göre Cole ve Townsend, kertenkelelerin üreme dönemlerini karınlarındaki şişkinliğin gözle gözlenmesi aracılığıyla saptamışlardır. Bu, söylediklerine göre uygun bir yol değildir, çünkü elle muayenenin gerekliliği yaygın olarak bilinmektedir. Gerçekte, akıllıca bir manevrayla Crews'i eleştirenlerden bir başkasına, Cuellar'a sözkonusu muayenenin gerekli olduğu savını destekleyecek şekilde gönderme yapmaktadırlar.

Dikkatsizlik suçlamalarının anlaşmazlıkları çözüme kavuşturmada pek etkili oldukları söylenemez, çünkü döngüye girme eğilimi gösterirler. Herkes dikkatli bir bilimadamının 'gerçek'e ulaşacağını, dikkatsiz gözlemcininse yanılacağını bilir. Ancak tam burada bulunması gerekenin ne olduğu sorusu belirmektedir. Eğer sahte cinsel birleşmenin gerçek bir olgu olduğuna inanıyorsanız, dikkatli olanın Crews olması, diğerlerininse dikkatsiz sayılmaları gerekecektir. Ya da, tam tersine,

sahte cinsel birleşme insan yapısı bir şey olarak görülürse, bu sefer Crews dikkatsiz, onu eleştirenlerse dikkatli davranmış olacaklardır. Dikkat, bir tartışmadaki diğer birçok faktör gibi, sorunun çözümü için tek başına yeterli değildir. Burada yine deneycinin çıkmazı sorunuyla karşı karşıyayız.

Eğer yetenek ve yeterlik gibi genel nitelikler bir tartışmayı sonuçlandırmada etkisiz kalıyorlarsa, gerçeğe nasıl ulaşacağız. Yukarıda da gördüğümüz gibi gerçekler onu üreten bilimadamının yeteneklerinden pek ayırtedilemez. Böylece, Crews'in savlarını çürütmek amacıyla eleştirmenler herhangi bir iddiada bulunduklarında yeterlikle ilgili savların yeniden ortaya çıkmalarına hiç şaşırmamamız gerekir. Kertenkelelerde görülen cinsel birleşme benzeri davranışın aşırı kalabalık yaşam şartlarından kaynaklandığı yolundaki, Cuellar ile Cole ve Townsend tarafından ortaya atılan sav tartışmanın temelini oluşturmaktadır. Crews bunu aşağıda açıklayacağımız gibi yanıtlamaktadır. Daha sonraki makalelerinde, yukarıda belirtildiği gibi yöntemleriyle ilgili birçok ayrıntıya yer vermektedir. kertenkelelerin yaşatıldığı şartları kesin bir şekilde belirtmektedir. Böyle yaparak diğerlerinin kalabalık ortamların insan yapısı cinsel davranışa neden olduğunu gösteren hiçbir spesifik bilgi sunmadıklarını savlamış ve tartışmanın seyrini kendi lehine çevirmiştir. "Kullandıkları kafeslerin boyutlarını vermedikleri gibi, kafes başına düşen hayvan sayısından da bahsetmiyorlar." (Myers'te bir alıntı 1990, s. 125) Bu manevrayla, eleştirmenlerin saldırı için seçtikleri bu alanda Crews'in oldukça dikkatli davranan taraf olduğu görülüyor; öte yandan onu eleştirenler ise suçlamalarında sevimsiz görünmüş oluyorlar.

Biyolojideki bu tartışmanın, bu kitapta incelenen fizikteki tartışmalardan ayrıldığı nokta, tartışmanın seyri sırasında pek az yeni bilginin üretilmiş olmasıdır. Tartışmanın dayanakları yapılmış gözlemlerin18 doğru yorumlarını bulmaya çalışma sürecinde sürekli değişiyor gibi gözükmektedir. Fizikte, deneyler tartışmanın konusunu belirlemede etkendirler. biyolojinin bu alanındaki deneyler çok seyrek olarak mümkündürler. Dikkat daha çok karşı tarafın savlarında eksik kalan bir ka-

nıta, örneğin Crews tarafından Cole ve Townsend'e yanıt olarak dile getirilen kalabalık ortamlarda sahte cinsel birleşmeye neden olmasına ilişkin kanıta çekilmektedir.

Tartışmanın tümünde en göze çarpıcı olumsuz kanıt, içlerinde Crews ve Fitzgerald da olmak üzere hiçkimsenin kertenkelelerin cinsel birleşmeye benzer davranışlarına doğal ortamda rastlamadığıdır. Cole ve Townsend bu konuya fazlasıyla eğilmekte, *Cnemidophorus*'un vahşi yaşamıyla ilgili en kapsamlı çalışmada buna rastlanmadığını belirtmektedirler. Umulduğu üzere Crews ve ekibi buna gerekeı yanıtı - misliyle mukabele ederek- vermişlerdir. Belirttiklerine göre, böylesi bir davranış biçimi varolabilir, ama vahşi ortamda yapılan gözlemler bunu saptamaya yeterli midir? *Cnemidophorus*'un çok utangaç bir tür olduğu iyi bilinmektedir ve (zaten) normal cinsel davranış gösteren kertenkelelerdeki çiftleşme dahi pek sık gözlenmemektedir. Öyleyse böylesi nadir bir olguyu kafeste gözlemlemeyelim de nerede gözlemleyelim!

Aşk Isırıkları ve El Sallama Davranışı

Bilimsel bir tartışmanın seyri sırasında, çok sık olarak daha önceden gözardı edilmiş olan bir ayrıntı birden son derece önemli ve üzerinde yoğun tartışılır hale gelebilir. Her iki taraf da karşı tarafın argümanlarına şüphe bulaştırmaya çalışırken, gittikçe daha fazla kanıt ortaya atılır. İncelediğimiz örnekte, hem kertenkelelerde gözlemlenmiş olan "aşk ısırıkları"nın sayısı, hem de cinsel davet amacıyla ellerini sallayıp sallamadıkları önemli faktörler haline gelmişlerdir.

Cuellar vahşi ortamda topladığı türler arasında pek seyrek olarak cinsel birleşme ısırıkları gördüğünü, eğer sahte cinsel birleşme yaygın olsaydı, bu sayının daha fazla olması gerektiğini savlamıştır. Crews ve ekibinin verdiği yanıtsa yeniden argümanı tersine çevirmek ve Cuellar gerçekten haklıysa, normal cinsel davranış gösteren kertenkelelerin de çiftleşmedikleri sonucuna ulaşmamız gerektiğine işaret etmek oldu. Onların önerdikleri yanıt, bu tür ısırıkların çiftleşmenin doğal göster-

geleri olmayacağıydı. Bu noktanın gerçekliğini kanıtlamak için, 1000 tane dişi kertenkele ölüsünü inceledi ler ve bunlardan sadece %3'ünde arkalarda ve yanlarda izler buldular; bu oran erkeklerde de aynı idi. Bu sayede Crews, Cuellar tarafından ortaya atılan kanıtı onun aleyhine çevirebilmeyi başardı. En çok ölü kertenkeleler üzerinde bulunmuş olmaları ve erkeklerde de görülmeleri, izlerin büyük bir olasılıkla saldırgan davranışlar sonucunda meydana geldiklerini gösteriyordu.

El sallama davranışı, Cole ve Townsend'in, Crews'in iddialarını kanıtlarla reddetmek amacıyla yaptıkları bir eklentide ortaya çıkmıştır. Crews'i, kertenkelelerin el kaldırma davranışına cinsel davet işareti olarak fazla bel bağlama yanlışlığına düşmekle eleştirmişlerdir. Bunun yerine bu, onlara göre, yalnızca yere yatıp güneşlenme işaretiydi. Burada bir kez daha araştırmacıların yeterliği eleştiri konusudur. El sallama davranışına bakarak yere yatıp ısınmayı söyleyemeyen bir araştırmacının inanılırlık sorunu oluyordu. Crews bu eleştiriye kamuoyu önünde bir yanıt vermemekle beraber, yukarıda anlatılanlara bakarak okuyucu, Crews'in kendisini savunma amacıyla geliştirebileceği argümanlar hakkında tahminde bulunabilir.

Onurlu Bir Çekiliş

Öyleyse bugün bu tartışma nereye gelmiştir? Crews ve eleştirmenleri arasında bugün varolan konsensüse göre, her iki taraf mücadeleye onurlu bir geri çekilmeyle son vermiştir. Her iki taraf da *Cnemidophorus*'un iç salgı sistemleri konusundaki kendi versiyonlarını *Scientific American* dergisinde ayrı ayrı makalelerde yayınlamışlardır ve farklı yaklaşımlarla çalışmalarına devam etmektedirler.

Tartışmanın seyri konusunda yukarıda sunduğumuz yansız görüş, tarafları pek hoşnut etmeyebilir. Kendi argümanları ve konumları pek tabii ki onlar için zorlayıcı ve gerçekten karşı çıkılmazdır. Tarafsız bir bakış açısını sunarken her iki tarafı da hayal kırıklığına uğratmayı göze alıyoruz.

Birçok bilimadamı tartışmalara saplanıp kalmak konusunda olduk-

ça ihtiyatlıdır ve bunları bayağı bilim türünün örnekleri olarak görme eğilimindedirler. Bu, bir tartışmada taraf olmayı reddetmenin bile aslında bu tür anlaşmazlıklara özgü bir taktik olduğu anlamına gelebilir. Bunun böyle olduğunu sürüngenler konusunda gördük. Scientific American'daki makalelerini yazarken her iki taraf da tartışmaya açıkça değinmekten kaçınmıştır.

Bir tartışmayı kapamanın bir yolu olayların gelişimini baştan öyle bir yazmaktır ki, anlaşmazlık zamansız ortaya çıkmış gibi görünsün: henüz tam olgunlaşmamış bir alanda gösterilen aşırı reaksiyon. özellikle Crews, daha sonraki bir yazısında, kendi ilk makalesinin ve ona gösterilen tepkinin bu özellikleri içerdiğini belirtmiştir. Crews için bu, kesin deneysel sınamalardan ve sonuca götürücü kanıtlardan yoksun şanssız bir tartışmaydı. Crews kendisinin kafesteki kertenkelelerle çalışma yöntemlerine tıpatıp uyan bir tarzda deneyin ve sınamaların yapılış biçimine değinerek, önceki tartışmanın ötesine ilerleyebilecek bir yol bulabilmiş gibi görünmektedir. Böylesi bir tarzın başarılı olup olamayacağı henüz ortadadır.

Geriye tek bir soru yanıtlanmamış olarak kalmaktadır. Cnemidophorus kertenkeleleri gerçekten kendi üremeleri için önem taşıyan sahte cinsel birleşme davranışı göstermekte midirler? Beş yıllık araştırma ve tartışmaya rağmen bu sorunun yanıtı, bizim bunu bilmediğimizdir. Bir grup saygın bilimadamına göre kertenkeleler bu davranış biçimini göstermektedirler, diğer bir gruba göre ise göstermemektedirler. Hep olduğu gibi, doğamıza ilişkin gerçekler argümanlar düzeyinde hallolmaktadır.!

VII
Güneşin Kalbine Bir Yolculuk: Kayıp Solar Nötrinoların Tuhaf Öyküsü

Geceleri gökyüzünde parlarkengördüğümüz sayısız yıldız ortak bir özellik taşır: Hepsi de nükleer füzyon yoluyla maddeyi enerjiye dönüştürürler. Bu, hidrojen bombasında uygulanan işlemin aynısıdır. Yıldızlar, zaman içinde sürekli olarak kendi hidrojen kütlelerinden yedikleri için yavaşça değişirler. Bu değişim ya da evrim süreci çoğunlukla ağır ve kademeli olsa da süpernova olma aşamasındaki bir yıldızın büyük bir patlamayla gelen sonu gibi dramatik anlar da içerir. Bizim kendi güneşimizin de içinde yeraldığı yıldızların değişim öyküsü, modern astrofiziğin en temel kuramlarından biri olan yıldız evrim kuramı ile betimlenir. Bu kuram, yıldızların değişik durumlar arasındaki geçişlerini başarıyla açıklar. Darwin'in evrim kuramı biyologlar için neyse, yıldız evrim kuramı da astronomlar ve astrofizikçiler için odur.

Kuramın kuşku götürmez başarısına karşın, temel varsayımı, yani nükleer füzyonun bir yıldızın enerji kaynağı olduğu, ancak yakın zamanlarda doğrudan sınanmıştır.

1967 yılında, Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'ndan Ray Davis solar notrinoları, yani kendi güneşimizde nükleer füzyonla açığa çıkan alt nükleer parçacıkları saptamayı denedi. Bu, yıldız evrim kuramını deneyle doğrudan sınamaya yönelik ilk girişimdi. Güneşten gelen diğer tüm ışınım, milyonlarca gerçekleşen süreçlerin olayların sonucudur. Örneğin ışık ışınlarının güneşin çekirdeğinden kurtulup yüzeyine ulaşabilmesi için milyonlarca yıl geçmesi gerekir. Nötrinolar* ise, maddeyle çok az etkileştikleri için dosdoğru güneşin dışına çıkarlar. Bu parçacıkların yeryüzünde saptanması bize, yalnızca sekiz dakika (nötrinoların güneşten yeryüzüne yolculuklarının süresi) öncesinde güneşte olanların bilgisini verebilir. Bu yüzden; solar-nötrinolar bize en yakın yıldız olan güneşin enerji kaynağı olarak füzyonu kullanıp kullanmadığının doğrudan sınanabilmesi olanağını sağlarlar.

Maddeyle çok az etkileştiklerinden, işte tam bu yüzden, nötrinoları saptamak çok zordur. Bir nötrino, iletken bir ortamda, durdurulmadan önce ortalama olarak milyon kere milyonlarca mil ilerleyebilir. Nötrinoların saptanması, her zaman zorlu bir proje olarak kalacaktı! Davis'inki oldukça sıradışı deneydir. Yerin çok altında, artık kullanılmayan bir maden kuyusunun içine gömülmüş, içi klorlanmış temizleyici bir sıvıyla dolu olimpik bir havuz büyüklüğünde kocaman bir tank kullandı. Bu tankı her ay, içine giren nötrino ile klorun tepkimeye geçmesiyle oluşan, argonun radyoaktif bir biçimini bulmak amacıyla taradı. Ancak dış uzaydan gelen ve kozmik ışınlar olarak bilinen parçacıklar da aynı tepkimeye yol açarlar. Deneyin yerin çok altında gerçekleştirilmesinin nedeni de bu istenmeyen ışınların soğurulabilmesi için gerekli korumayı sağlamaktır. Radyoaktif argon, tanktan dışarı çıkarılır çıkarılmaz miktarının kesin olarak ölçülebileceği çok hassas radyoaktif bir dedektörün (bir çeşit geiger sayacı) içine yerleştirilir.

Modern bilimin kuşkusuz en özgün deneylerinden biri olması gereken bu deneyin şaşırtıcı bir sonucu oldu. Öngörülen nötrino akıları or-

---

* **Notrino** - Çok hafif, belkide kütlesiz temel madde parçacığı; yalnızca zayıf kuvvet de kütlesel çekim kuvvetinden etkilenir .

tada yoktu. Yıldız evrim kuramının zaferini taçlandırması beklenen bu deneme, tersine düşkırıklığına yol açtı. Yıldızların enerji kaynağının nükleer füzyon olmaması anlaşılır şey değildi; peki öyleyse yanlış olan neydi? Deney tekrar tekrar kontrol edildi; kuramlar evrildi, çevrildi; modeller ve varsayımlar yeniden gözden geçirildi; ancak şu ana dek neyin yanlış olduğu kesin olarak ortaya konamadı. Bugün ortaya çıkan -aslında yeraltına inen dememiz gerekir (tüm bu tür deneylerin kozmik ışınlardan korunması gerekir)- ikinci kuşak deneylerle bile sonucun ne olacağı açık değildir.

Öyleyse burada klasik bir kuram-deney karşıtlığı sözkonusudur. Ancak, kuramsal gerçekliği ve deneysel gerçekliği birbirlerinden böyle kolayca ayırmak pek mümkün değildir. Solar-nötrino örnek olayında, kuramcılar ve deneyciler bir sonuca varmak için yıllardır işbirliği yapmaktadırlar.

Öykümüzün birinci kısmında, bu deneyi doğuran işbirliğini -ya da ortaklığı- bilimadamlarının nasıl kurduklarını inceleyeceğiz. İkinci kısımda değineceğimiz Davis'in deney sonuçlarının bilim dünyasında nasıl karşılandığı konusu ancak bu temele dayanarak anlaşılabilir. Nasıl solar-nötrino deneyi, bizim güneşin kalbine bir gözatmamızı sağlıyorsa, bu deneyin öyküsü de bize işler yolunda gitmediği zamanlarda bilim dünyasının kalbinde yaşananlara şöyle bir gözatma olanağı verir. Göreceğiz ki, böyle zamanlarda bilim tuhaf bir şekilde hiç yapılmamış sayılır.

Solar-nötrino akısını hesaplamak için kullanılan modeller (bunlar büyük bilgisayarlarda koşturulurlar) karmaşık olup deneyin duyarlığı kafalarda bazı soru işaretlerine yol açsa da (bir avuç dolusu argon atomu, milyar kere milyarlarca atom içeren bir tank içinde aranır), ilk başlarda deneyin rutin işlemlerden oluştuğu düşünülmüştü. Kimyacı Ray Davis, belki de biraz aşırı bir alçakgönüllülükle, deneyini bir çeşit "tesisatçılık" olarak nitelemişti. İşin gerçeği, 60'li yılların başında fizik dünyası Davis'in deneyinin yıldız evrim kuramını doğrulayacağından öylesine emindi ki, değişik kozmik kaynaklardan gelen nötrinoları saptamaya yarayacak bir dizi yeraltı "teleskop"u bile tasarlandı. Bu ta-

sarılar, deneyin ilk sonuçları açıklandığında rafa kaldırıldı. Öncesinde bilimin iyi anlaşıldığı düşünülen alanları sorunlu ve tartışılır oldu. Sağlam olan kırılgan, kapanmış olan açık hale geldi ve kesin olan şeyler belirsizliğe büründü. Kuram ve deneylerin arasındaki bağların çapraşık ağı parçalanma tehdidi altına girmişti. Bu parçalanmanın çoktan beridir hep var olması, deney sonuçlarının ve yıldız evrim kuramının zaman içinde ayrı ayrı hiç değişmeden günümüze dek ulaşmaları çözülmemiş bir bilmecedir. Biz burada bilimsel bir devrimin yol açtığı çöküş durumuna tanıklık etmiyoruz; öte yandan, işlerin her zamanki alışılmış seyrinde olduğu da pek söylenemez.

1. BÖLÜM

DENEYLERİN ve ORTAKLIKLARIN KURULMASI

İnsan etkinliğinin herhangi bir sonucu gibi, deneyler de öncesi olmadan (de novo) ortaya çıkmazlar. Ray Davis, 1967 yazında öngörülen nötrino akısını aramak için düzeneğini çalıştırdığında, kendisinin ve diğerlerinin 20 yıllık emeğinin kaderi bu deneyin sonuçlarına bağlıydı. Burada, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nün William Fowler yönetimindeki Kellog Işınım Laboratuvarı'ndan bir grup nükleer astrofizikçi (nükleer astrofizik, astronomiye uygulanmış nükleer fiziktir) ve Davis arasında kurulan benzersiz ortaklık ayrı bir önem taşır.

Saptanması çok zor olan ele avuca sığmaz nötrinolar, deneycilere her zaman meydan okumuştur. Radyoaktif bozunum kuramlarını tutarlı kılabilmek için, ilk kez 1930'da Wolfgang Pauli tarafından tamamen kuramsal bir varoluş olarak artaya konan bu parçacıkların, kütleye ve elektrik yüküne sahip olmadıkları düşünülmüştü. Bir çeşit ters radyoaktivite tepkimesi yaratmak, bu ele avuca sığmaz parçacığı saptamanın birkaç yolundan biriydi. Bu çeşit tepkimelerde nötrino kararsız, bu yüzden de bozunuma uğrayan bir atom çekirdeği tarafından yeni bir

element oluşturmak için soğurulur. Milyar kere milyarlarca atom arasından bu henüz oluşmuş birkaç yeni atomu ayrıştırmak teknik olarak yıldırıcı bir işti. Uzun zamandır nötrino saptanması ile ilgilenen Davis'in yapmaya kalkıştığı işte buydu.

Davis'in kullandığı deney tekniği, radyoaktivite ve kimyanın melezi olan radyokimya biliminden kaynaklanıyordu. Düşünce yeni oluşmuş radyoaktif elementi (argon) içinde bulunduğu maddeden kimyasal yollarla ayrıştırmaktı. Davis bunu, sözkonusu maddeyi sıvı halinde tutup, içinde birikmiş olan argon atomlarından helyum gazı ile temizleyerek gerçekleştirdi. Böylece yeni oluşmuş argonun kesin miktarı, karakteristik bozunumlarının sayısı ile belirlenebilirdi. Argon bozunumlarını arkaplandaki ışınımdan ayırabilmek için, sayacını doğal radyasyonu düşük, çelikten yapılmış Birinci Dünya Savaşı'ndan kalma bir silah fıçısının içine yerleştirdi.

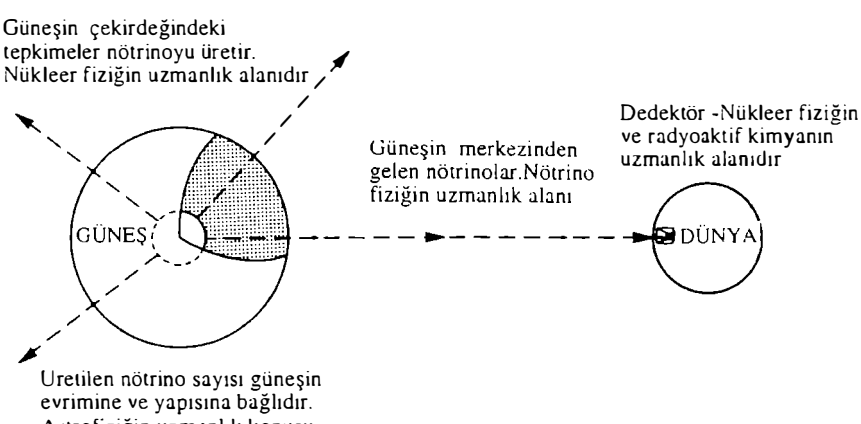
Nötrinoları saptamak için klor-argon tepkimesini kullanma düşüncesi ilk kez Bruno Pontecorvo ve Louis Alvarez adlı fizikçiler tarafından ortaya atılmıştı. Alvarez'in oynadığı rol özellikle kayda değerdir. Savaş sonrası fizikte çoğu kez rastlanıldığı gibi, bu düşünce de savaş sırasında yapılmış çalışmalardan kaynaklanıyordu. Alvarez, Almanların atom bombası yapıp yapmadıklarını belirleyecek yeni bir yöntem geliştirmişti. Bu, bir bombardıman uçağına yerleştirilebilen ve uçak Almanya üzerinde uçarken duman bulutları içindeki ışınımı araştıracak taşınabilir bir radyokimyasal dedektördü. (Bu araştırmalarda hiçbir şey bulunamadı.)

Davis, Alvarez'in düşüncesinden yola çıkarak 1955 yılında 550 galon temizleyici sıvı kullanıp, çalışan küçük bir dedektör yapmıştı. Doğal olarak, bir nötrino kaynağına sahip olmadığı sürece hiçbir şey saptayamazdı. Bu iş için en uygun gözüken kaynaklardan biri nükleer santrallardı ve Davis bu nedenle dedektörünü Savannak Irmağı nükleer santralına kurdu. Aynı anda ve aynı yerde, Frederick Reines ve Clyde Cowan serbest nötrinoların ilk saptayan tarihi ölçümlerini gerçekleştiriyorlardı. Davis'in şanssızlığına, aletinin nükleer reaktörlerde üretilen nötrino tipine duyarlı olmadığı anlaşıldı. Davis şimdi bir iki-

lemle karşı karşıyaydı. umut verici bir dedektör geliştirmişti, ama saptayacak nötrinosu yoktu. Bu ikilemden çıkış yolunu bulan William Fowler oldu.

Cal Tech ile İşbirliği

William Fowler Cal Tech'te, Davis'in çalışmasını yakından izliyordu. Eddington ve Jean'in nükleer tepkimeleri güneşin en olası enerji kaynağı olarak belirlemeleriyle açtıkları yolu izleyen nükleer astrofizik, 1930'lu yıllarda bir disiplin olarak büyük bir sıçrama gerçekleştirmişti. (aynı Eddington ile ikinci bölümde de karşılaşmıştık). 1950'li yılların sonuyla birlikte nükleer tepkimeler ile ilgili birçok ölçüm yapılmış ve kendi güneşimizdeki nükleer tepkime döngüleri ayrıntılı olarak belirlenmişti. 1957'de ağır elementlerin daha hafif elementlerden nasıl sentezlendiğini açıklayan kapsamlı bir kuramın ana hatları, Fowler ve Cal Tech'teki çalışma arkadaşları tarafından ortaya kondu; bu, alanında bir tepe noktasıydı ve bilinen bütün maddelerin en hafif ele-



Şekil 7.1. Solar nötrino biliminin farklı uzmanlık alanları

ment olan hidrojenden nasıl oluştuğunu açıklar görünüyordu.

1958'de, güneşteki nükleer tepkime döngüsü için canalıcı bir öneme sahip tepkime hızlarından biri yeniden ölçüldü ve önceki ölçümün hatalı olduğu saptandı. Güneş sanki Davis'in ölçebileceği oldukça yüksek enerjili nötrinolar üretiyor gibiydi. Fowler zaman yitirmeden Davis'i bu olasılıktan haberdar etti ve sonrasında bu ikisi dedektör kurma tasarılarını yaşama geçirmek için işbirliği içine girdiler. O zamanlar Fowler, solar-nötrinoların saptanmasının yıldız evrim kuramının "kaymağı" olacağını düşünüyordu.

Bahcall: Yuvasından Uzak Bir Ev Kuramcısı

Davis ile kurulan ortaklığın Cal Tech tarafının merkezinde Fowler'ın genç bir doktora sonrası öğrencisi John Bahcall vardı. Solar nötrinolar Fowler'ın kaymağı idiyse, John Bahcall'ın da ekmeği, yağı sayılırdı. Solar nötrinolar Bahcall'ın sonraki kariyerinin belirleyici konusu oldular. Davis ölçüm yapma aşamasına geldiğinde, kendisinin olduğu kadar Bahcall'ın da kariyeri ortaya konmuş oluyordu. Bahcall'ın durumu bilimadamlarının kariyer yaparken bir süre için işbirliği içinde davranma gerekliliğine güzel bir örnekti.

Bahcall kuramsal fizikçiydi ve kuramsal katkılarda bulunmanın yanısıra Cal Tech'in çabalarını koordine etmek gibi bir görevi vardı. Davis'in ölçeceği nötrino sayısını önceden öngörmek çeşitli ve birbirinden farklı alanlarda bilgi gerektiren karmaşık bir işti. Bahcall gerekli uzmanlığa sahip olmadığı durumlarda kendisine yardımcı olabilecek kişileri toparlamak konusunda, Fowler'ın da desteği ile büyük beceri gösterdi.

Ayrıntılı bir öngörü radyokimya kadar, nükleer fizik, astrofizik, ve nötrino fiziği de gerektiriyordu. Solar nötrino fiziğinin değişik alanları Şekil 7.1'de gösterilmektedir.

Nükleer fizik, güneşteki nükleer tepkime hızlarını ölçebilmek ve dedektör içerisindeki nötrino ile klor arasındaki etkileşimi hesaplayabilmek için gerekliydi. İlgili tüm nükleer tepkime hızları, laboratuvar-

da güneşin çekirdeğinde olduğundan çok daha yüksek enerjilerde ölçüldüğünden, bu ölçümlerin düşük enerjilere ekstrapolasyon yoluyla uyarlanması gerekir. Bu ölçümler ve bunları izleyen öngörüler çoğu kez kesin değildir ve solar-nötrino probleminin geçmişi boyunca tepkime hızları farklı ölçümler ve hesaplamalar yapıldıkça gözden geçirilip yenilenmiştir. Kellogg Işınım Laboratuvarı, önde gelen nükleer fizikçilerin bazılarını barındırmaktaydı. Bahcall canalıcı öneme sahip nükleer parametrelerin bir çoğunun yeniden hesaplanması için bu bilimadamlarının yardımını sağlamakta gecikmedi.

Nötrino akısının hesaplanmasında bir diğer anahtar öğe astrofiziktir; güneşin yapısının ve evriminin ayrıntılı bir modelini oluşturmak için gereklidir. Güneşin evrimi bilgisayarda, güneşin 4.5 milyon yıllık yaşamına karşılık gelecek şekilde modellenir. Modelin, güneşi oluşturan elementlerin bileşimi gibi güneşe dair birçok veri ile beslenmesi gerekir. Bu veriler sürekli olarak gözden geçirilip yenileniyordu. Solar model, Cal Tech'teki uzmanlarca oluşturuldu. Davis'in saptaması beklenen nötrino akısının en büyük bileşeni, güneşteki nükleer tepkimelerine ait hidrojen füzyonu ana zincirinin bir alt dalından geliyordu. Bu yüksek enerjili nötrinoların, ısıya alışılmışın ötesinde duyarlı ve solar modelin ayrıntılarına kritik bir şekilde bağlı oldukları ortaya çıktı. Nötrinolara, güneşin içinden geçişleri ve sonrasında dünyaya yaptıkları uzun yolculuk sırasında ne olduğunu belirleyebilmek nötrino fiziğinde uzmanlık gerektiriyordu.

Nötrino akısının önceden öngörülmesi konusundaki çalışmanın yanısıra Bahcall kozmik ışın arkaplanının ne olabileceği, ya da tanktan alınacak örneklerin zamanlaması gibi deneyin tasarım aşamasında ortaya çıkan kuramsal sorunlarda da Davis'e yardım ediyordu. Kendi deyişiyle "ev kuramcısı" olmuştu. Sonunda Davis'in çalışmakta olduğu Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'na danışman oldu ve böylece hizmetlerine karşılık aynı "ev" tarafından kendisine ücret ödenmeye başlandı.

Deneye Parasal Destek Sağlanması

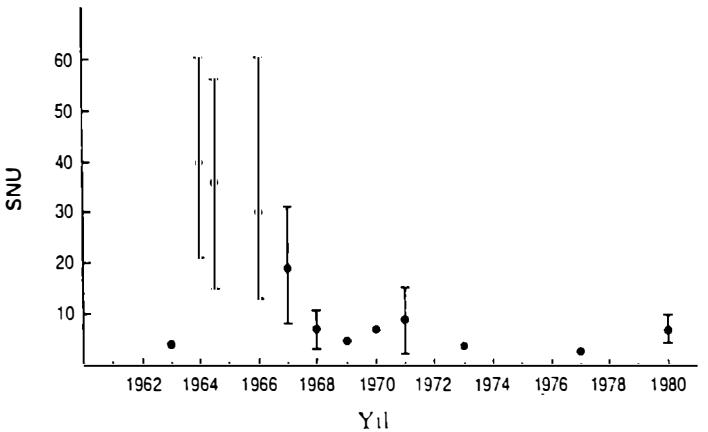
Davis deneyin maliyetini aşağı yukarı 600 000 dolar olarak tahmin etmişti. 60'lı yıllarda bu para, parçacık hızlandırıcılarının tersine yalnızca tek bir çeşit ölçüm yapabilen bir deney için çok fazlaydı. Fowler mali destek bulma konusunda çok etkili bir isimdi. Davis ve Bahcall'a sürekli olarak akıl veriyor ve kendi meslektaşlarından da destek sağlıyordu. Atom Enerjisi Komisyonu, Ulusal Bilim Kurumu ve NASA, yani olası tüm para kaynakları yoklandı.

Bilimadamlarının, projeleri için gerekli desteği yalnızca öneri yazıp başvuru yaparak sağladıklarını düşünmek saflık olur. Çoğu bilimadamı için para bulmak ancak politik kulis faaliyetleri yürüterek ve daha başka ikna yöntemlerini kullanarak mümkündür. Davis'in deneyi için gereken parasal desteğin sağlanabilmesinde rol oynayan etkenler şunlardı: Davis ve Bahcall'ın, sonuçlarını ve tasarılarını 'Physical Review Letters' adlı önde giden fizik dergisinde yayınlamaları; neler olup bittiği bilgisinin bilim dünyasında dolaşımında çok etkili bir yayın olan Kellogg Işınım Laboratuvarı "Orange and Lemon Aid" Preprint serisinden yararlanılması ve popüler ve bilimsel basında boy gösterme (*Time* ve *Newsweek* dergilerinde solar-nötrinolar ile ilgili makaleler çıkmıştı). En önemlisi ise Fowler'ın, Atom Enerjisi Komisyonu'nda ilgili bölüm başkanı Richard Dodson'a yazdığı mektuptu. Bu mektupla Fowler deneyin desteklenmesi için ısrar etti. Dodson ve Fowler iki eski arkadaştılar ve öceden Cal Tech'te birlikte çalışmışlardı. Öyle görünüyordu ki Atom Enerjisi Komisyonu herkese uyguladığı resmi değerlendirmeyi bu kez yapmadı ve Fowler'ın "iyi mektubu" (Dodson'ın deyişiyle) parasal desteği garanti'emek için gerekli olan teknik övgüyü sağlamış oldu.

Doğal olarak, parasal destek için harcanan tüm bu çabalar durumun bilimsel değerine bağlanıyordu. Deney, yıldız evrim kuramının canalıcı öneme sahip doğrudan bir sınaması olarak tanıtılmıştı. O zaman kullanılan söylemle ilgili olarak iki şeyin üzerinde durmaya değer. Birincisi, güneşin çekirdeğinden kaynaklanan ışınımı ölçmek için diğer yol-

lara göre kuşkusuz daha doğrudan bir yöntem sağlasalar da, Davis'in saptamayı beklediği nötrinolar, hidrojen tepkime zincirinin ısıya çok duyarlı tek bir alt dalından geliyordu. Temel hidrojen füzyonu tepkimesinin kendisinin ölçümü daha doğrudan bir sınama olurdu. Günümüzde sonuç vermeye başlayan ikinci kuşak deneyler bu tepkimeden kaynaklanan nötrinolara karşı duyarlık göstermektedirler. Parasal destek sağlamak amacıyla, bu yeni deneyler de "canalıcı bir öneme sahip" olarak nitelendirildi. Bu "canalıcılık" söylemi açıkça genel koşullara bağlıdır. Kuşkusuz ki, her taraftan sıkıştırılmakta olan para dağıtıcısı konumundaki kişilerden ya da kurumlardan büyük miktarda parasal destek sağlamada canalıcı birşeyler yapıyor olmak çok işe yaramaktadır.

Değinilmesi gereken ikinci nokta ise deney için yardımına gereksinim duyulan bilimadamlarının çoğunun nükleer ve parçacık fizikçisi olmalarıydı. Bu fizikçiler laboratuvarlarda "pişmiş" çalışmalarına alışık olduklarından, çok daha az kesin olduğunu düşündükleri astrofiziğe kuşkuyla yaklaşıyorlardı. Birçok fizikçi astrofiziğe dayalı bir deneye parasal destek verilmesi konusunda ihtiyatlı davranıyordu. Bu tür bir kuşkuyu taşıyanlardan biri Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nın yöneticisi nükleer fizikçi Maurice Goldhaber'dı. Desteği çok önemliydi. Bahcall, Goldhaber'ı önöngörülerin güvenilir ve deneyin yapılabilir olduğu konusunda ikna etme çabalarına katkıda bulunmak amacıyla, Brookhaven'a özel bir ziyarette bulundu. Goldhaber gibi kuşkucuları ikna edebilmek için, Davis'in saptayabileceği büyük bir sinyalin belirsizlik.taşımayan açık bir öngörüsünü yapmak Bahcall'ın işiydi. Fizikçilerin parasal destek gereksinimlerine bağlı olarak solar-nötrino akısı öngörülerinin değiştiğine ilişkin elimizde bazı bulgular var. Şekil 7.2 öngörülen solar-nötrino akısının SNU (solar-nötrino birimi) cinsinden zaman içinde değişimini gösteriyor. Deneye 1964 yılında destek sağlandığı anda öngörülen nötrino akısının yüksek olduğu (40 SNU) görülüyor. Yine görülüyor ki bunun hemen ardından öngörülen akı değeri düşmeye başlamış ve Davis 1967'de ilk sonuçlarını aldığında çok daha düşük bir değere (19 SNU) inmişti. Neyse ki Davis saptama işle-



Şekil 7..2 Solar-nötrino akımı. (Steven W. Allison tarafından Pinch'den (1986 s.39) alınarak yeniden çizilmiştir).

mini geliştirerek daha yüksek bir duyarlık elde etmeyi başardı, ama bazı fizikçilere göre 1967'deki daha düşük değerli akı öngörüleri daha önceden, 1964'te deney için para bulunduğunda yapılmış olsaydı, deneye hiçbir zaman parasal destek sağlanamazdı.

Öngörülen akı değerindeki değişikliklerin çoğu, nükleer tepkime hızlarının yeniden ölçümü ve diğer parametrelerin değişimi gibi, Bahcall'ın doğrudan kontrolünün dışında olan parametrelerden kaynaklandı. Parasal destek için yapılan girişimlerin zamanlaması ve en önemli nükleer tepkime hızlarından birinin düşük enerjilere ekstrapolasyonunun hatalı yapıldığının, ancak destek sağlandıktan sonra farkına varılması, 1964'teki öngörünün aşırı iyimser olmasına yaradı. Kuram ve deneyin karşılıklı bağımlılığı bundan daha açık bir şekilde gözler önüne serilemezdi.

Deneyin Kurulması

Bahcall kuramsal bir fizikçi için gelenek dışı sayılan etkinliklerde bulunurken, Davis de benzer şekilde bazı alışılmadık işlerle uğraşmak zorunda kaldı. Gerekli parasal desteği elde etmişti ve şimdi de içinde deneyini gerçekleştirebileceği derin bir maden ocağı bulması gerekiyordu. Bu hiç de kolay bir iş sayılmazdı; yalnızca derinlik ve kayanın sağlamlığı gibi fiziksel kısıtlar değildi sorun; uygunsuz ve tehlikeli olabilecek bir deneye madenlerini açmak çoğu maden sahibinin işine gelmiyordu. Davis 1964 yılının büyük bir kısmını maden sahipleri ile görüşerek geçirdi. En sonunda deneyin Atom Enerjisi Komisyonu tarafından desteklendiğini gören Homestake Maden Şirketi projeyi üstlendi. Bu arada Atom Enerjisi Komisyonu'nun, Homestake Madencilik şirketinin bir diğer önemli ürünü olan uranyumun alıcısı olması pek de rastlantı sayılmazdı.

Deneyin kurulması sırasında Davis, maden şirketiyle ve tank yapımına yardım eden, donanımı kuran ve madene temizleyici sıvıyı sağlayan diğer ticari şirketlerle sürekli ilişki içindeydi. (Temizleyici sıvı aslında ödünç alındı ve belki bir gün asıl amacına uygun olarak kullanılmak üzere iade edilir!). Sonunda bu deney işi yerel madencileri iyice sardı ve Homestake gazetesinin birkaç sayısı tamamen bu konuya ayrıldı.

Kuramcıları yalnızca yeni düşünceler ortaya atan ve deneycileri de bu düşünceleri sınayan ya da doğrulayan insanlar olarak görmek bilimi hafife almak olur. Gördüğünüz üzere kuram ve deney yapmak bundan çok ama çok daha ilginç bir iştir. Kuram ve deney birbirlerinden bağımsız etkinlikler değildir. Birbirlerine sıkı sıkıya bağlı olup bilimadamları arasındaki çok daha geniş bir ilişkiler ağının bir parçasını oluştururlar. Kuramcılar ve deneyciler arasındaki işbirliği ve özellikle William Fowler'ın başını çektiği, güç sahibi Cal Tech bilimadamları grubunun etkisi olmasaydı, solar-nötrino deneyi asla gerçekleşmezdi.

2. BÖLÜM

YOK SAYILAN BİLİM

Şimdi, Davis tüm beklentilere karşın olumsuz sonuç bildirdiğinde neler olduğunu inceleyeceğiz. Bu kitapta tartışılan ve kuram-deney çatışması yaşanan diğer bazı örnek-olayların tersine, Davis'in deneyi inandırıcılığını yitirmedi. Bir süre deney yöntemine yönelik ciddi kuşkular öne sürüldü -az sayıdaki argon atomu belki de temizleyici sıvı ile dolu kocaman tankın içinde bir yerlerde yitiyordu. Ancak Davis bu eleştirilerden sağ salim çıkmayı başardı ve sonuçta dikkatli bir deneyci olarak ününü daha da pekiştirdi. Daha sonra göreceğimiz gibi, Bahcall bir süre için deney ve kuram arasında herhangi bir çelişki olmadığını düşündüyse de, sonunda çoğu kuramcı gibi bu sonuçla yaşamayı kabullendi.

Solar-nötrino probleminin gerçekten varolduğunun geniş kabul görmesiyle birlikte bir sorgulama ve inceleme süreci başladı; projenin bilimsel temelini oluşturan her türlü varsayım tehdit altındaydı. Bu tür durumlar, bilimin "yok" sayılma sürecine şöyle bir gözatma olanağı verir.

İlk Sonuçlar

Davis'in ilk sonuçları 1967 Ağustos'unda alındı. Çok düşük bir nötrino akışına işaret eden çok küçük sinyal belirlediler. Sinyal öylesine küçüktü ki olası hatasıyla birlikte bir sayı (saptanan nötrino sayısı) ile değil ancak bir üst sınır (6 SNU) ile belirtiliyordu. Diğer bir deyişle sinyal 6 SNU'dan daha büyük değildi ve bu sinyal yalnızca arkaplan ışınımından kaynaklanıyor da olabilirdi. Saptama tekniğinde sağlanan gelişmeler ise 1968'ın başlarında Davis'in, nötrino akısına daha da küçük bir sınır (3 SNU) getirmesine neden oldu.! Bilimsel yaşamının büyük bir bölümünde bu saptama tekniği üzerinde çalışmış olan Davis,

sonucunun doğruluğundan kuşku duymuyordu. Yine de, sonucun önemini göze alarak Brookhaven'dan iki kimyacı arkadaşını çalışmasını kontrol etmeleri için davet etti. Bu iki kimyacı hiçbir yanlışlık bulamadı. Ek bir önlem olarak Davis tankına saptamayı amaçladığı argon izotopunun aynısını üreten bir nötron kaynağı ile ışınım vererek deneyini kalibre etti. Beklenen sayıda argon atomu saptayarak herşeyin iyi çalıştığını gösterdi. Ancak aşağıda göreceğimiz gibi, bu deneme herkes için yeterince ikna edici değildi. Bu aşamada (Mayıs 1968) Davis bulduğu sonuca, onu yayınlayacak kadar güveniyordu. Bulgularını içeren ön raporlarında Davis bu sonucun 19 SNU'luk sinyal öngörüsünden 5 kat daha düşük olduğunu vurguluyordu.

Bahcall'ın Tepkisi

Bahcall, Davis'in bulunan sonucun kuramla çeliştiği kanısına katılmıyordu. Davis'in düşük sonuçlarını öğrenir öğrenmez (tabii ki onunla sürekli bağlantı halindeydi), kuramsal 'öngörü'nün daha 'ince ayarını' yapmak üzere işe koyuldu. Çeşitli parametrelerin yeni ölçümlerini kullanarak öngörüyü 7.5 SNU'ya kadat indirdi (3 SNU luk bir hata payı ile). Bunun sonucu olarak Bahcall 1968 Mayıs tarihli raporunda şöyle yazıyordu: "Davis'in şu anki sonuçları yıldız yapı kuramı ile bariz bir çelişki içinde değildir."

Bu noktada Bahcall Davis'in deneyinin kendi öngörüsü ile çakışmasını çok istiyordu. Davis daha düşük sonuçlar bildirdikçe, Bahcall'ın morali daha da bozuluyordu. Diğer kuramcıların çoğu Bahcall'ın derdini paylaşıyor ve çelişkinin ortadan kalkacağını umuyordu. Bu deneye çok emek verilmişti. Uzaktan Nobel ödülü lafı bile ediliyordu; Davis'in deneyinin "doğru" sonucu vermesi buna yeterdi.

Iben'in Tepkisi

Kuram ve deney arasında bir çelişkinin var olduğu ilk olarak ve en iyi şekilde Bahcall tarafından değil, onun Cal Tech günlerinden eski bir meslektaşı Icko Iben tarafından farkedildi. Iben bir solar model uz-

manıydı ve 1964 yılındaki öngörüyü yapan Cal Tech grubunda yer almıştı. Bahcall'ın yaptıklarına iyi gözle bakmıyordu. Ona göre Bahcall önceki gözüpek akı öngörülerini bir kenara atıp, akı seviyesini düşürmek için gelişigüzel parametre değerleri denemekle akıllıca davranmıyordu. Iben çelişkinin varlığına kuşku duymaksızın inanıyordu ve bunu göstermek için de kendi solar modellerini kullandı. Bundan kısa bir süre sonra (1969'da), Bahcall da ortada bir terslik olduğunu bildirince, iki kuramcı arasında yaşanabilecek olası tatsız bir tartışmadan kaçınılmış olundu. Böylece ortada bir solar-nötrino probleminin olduğu da resmiyet kazanmış oldu.

Bahcall ve Iben arasındaki anlaşmazlık, bize bir kez daha 'öngörü'nün, çok sayıdaki girdisiyle ne denli esnek olabileceğini hatırlatıyor. Bu olay aynı zamanda, bir kuram sınandığında elde edilen sonuçları yorumlamanın o kadar da kolay olmadığını gösteriyor. Bu yalnızca, bazı felsefecilerin inandığı gibi, kuramsal öngörüyü ve deneysel sonucu dikkatli bir incelemeye tabi tutmakla hallolmaz. Yorum her zaman işin içindedir. hem Bahcall hem Iben, ilgili bilimsel konularda yetkin üst düzey kuramcılardı; buna rağmen 1967'de birbirlerinden oldukça farklı sonuçlara varmışlardı.

Bahcall artık çelişkinin varlığının en önde gelen savunucularından biri olmuştu -öyle ki solar-nötrino probleminin önemi ve doğurabileceği sonuçlar konusunda daha az coşkulu davranan diğer bilimadamlarıyla kavgaya bile girişti. Bilimadamlarının deneysel belli bazı stratejiler doğrultusunda davrandıklarını düşünmenin sakıncalarına ve bilimadamlarını her zaman kendi kariyerleri için ne iyi ise onu ön plana çıkaran akılcı hesap makinelerine benzeten yarım akıllı şablonlara karşı uyanık olma gerekliliğine rağmen Bahcall'ın kendi durumundaki dramatik değişikliğe ilişkin ne gibi hesaplara giriştiği konusunda bazı spekülasyonlarda bulunabiliriz.

Çelişkinin varlığına karşı ilk zamanlarda gösterdiği direnç, kendisinin önceden deneye dahil olduğu düşünüldüğünde daha iyi anlaşılır. 1967'de Bahcall, doğru ya da yanlış, kariyerinde ilerlemesinin Davis'in doğru sonucu bulmasına bağlı olduğuna inanmıştı. Iben gibi projeyle

yitirecek daha az şeyi olan diğer bilimadamları karşıt sonuçlara varırken, Bahcall çelişik bir durum olmadığı düşüncesini taşıdıkça konumu daha kötüye gidiyordu. Sonradan kendisinin aktardığı, ünlü Cal Tech fizikçisi Richard Feynman ile yapmış olduğu konuşmada Feynmann Bahcall'a açık bir şekilde, yanlış bir şey yapmış olmadığını ve eğer bir çelişki varsa bunun, sonucu daha önemsiz değil tersine daha önemli kıldığı öğüdünü verdi. Öyle görülüyor ki Bahcall bu öğüdü yürekten tuttu. Dahası bunun iyi bir öğüt olduğu da görülmektedir. Bahcall, problemin bilimsel önemini öne çıkararak kariyerini solar-nötrinolar üzerine sürdürmeyi başardı. Kariyeri kötü yönde etkilenmiş gibi gözükmemektedir; çünkü solar-nötrinolar üzerine yaptığı çalışmayla ödüller kazanmıştır ve şu anda Princeton İleri Düzey Çalışmalar Enstitüsü'nde, çok prestijli bir konum olan Astronomi ve Astrofizik profesörlüğünü elinde tutmaktadır.

Ray Davis: İdeal Bir Deneyci

Kuram ve deney arasındaki çelişkinin kuramcılar arasında geniş kabul görmesiyle birlikte bütün dikkatler, problemin kendisinden kaynaklandığını kesinleştirmesi için Davis üzerinde toplandı. Bu kitapta başka yerlerde rastladığımız gibi, diğer bilimadamları bu türden bilimsel tartışmalara, orijinal deneyi yineleme girişimleriyle dahil olurlar; bu sefer deney çok pahalı ve yıldırıcıydı. Bu, Davis'e özel bir sorumluluk yükledi ve uygulanan işlemler dizisinin yeniden sınanmasının bilimde yeni şeyler öğrenmek bakımından büyük zaman yitimi olduğunu düşünse de, çok kuşkucu astrofizikçiler topluluğunu ikna etmek gereğini farketti.

Onlardan gelen her türlü öneriyi ayrım gözetmeksizin dikkate aldı ve yerine getirdi. Bunun da karşılığını fazlasıyla aldı, çünkü zaman içinde Davis ideal bir deneyci olarak ün kazandı. Hatta 1978'de bir toplantıda yeterince takdir edilmemiş bir bilim kahramanı olarak takdim edildi ve bugün de yaygın olarak modern bilimin en iyi deneycilerinden biri olarak bilinmektedir. Davis'in kişiliğinde oluşan ideal de-

neyci tipinin özellikleri açıklık, tedbirlilik ve sadelikti. Kuşkusuz ki bu özelikler deneycinin inandırıcılığı için öemlidir. Davis'in daha işin başında kuramcılarla ortaklık kurmuş olması, onun sonuçlarının neden bu kadar ciddiye alındığı konusuna ait bir açıklama getirebilir. Ona ve deneyine o kadar çok şey bağladıktan ve birlikte çalıştıkları onca yıldan sonra kuramcılar onu kolayca yüzüstü bırakmadılar.

Davis'in yapmayı kabul ettiği yeni denemelerden birinde 500 argon atomu doğrudan tankın içine yerleştirildi. Sonrasında Davis argonu beklendiği kadarıyla geri kazanmayı başardı. Ayrıca bazı Brookhaven kimyacılarını, tankın içinde kalmış olabilecek aykırı bir yapıya sahip argonu araştırmaları için ikna etti. Fakat hiçbir şey bulamadılar. Ancak bu kitabın diğer kısımlarından tanıdık bir temayı yinelemek gerekirse, hiçbir deney tek başına kesin ve mutlak değildir ve azimli bir eleştirel bakışla zayıf noktaları her zaman bulunabilir. 1976'da bu tarz bir eleştiri, kuşkucu bir astrofizikçi Kenneth Jacobs'tan geldi.

Argon Kapanı

Jacobs, Davis'in deneyinin başkalarınca hiç yinelenmemiş olmasından endişe duyuyordu ve başka deneylerle arada benzerlikler kurmaktaydı; örneğin beşinci bölümde tartışılan Weber'in kütle çekim dalgası dedektöründe gürültü seviyelerinde olan bir sinyal yerleşik kuramları tehdit edecek şekilde temel olarak kullanılmış ve deney uzun vadede inandırıcılığını yitirmişti. Jacobs'a göre argon büyük bir olasılıkla bir yerlerde kapana kısılır gibi sıkışıp kalmıştı ve bu da elde edilen düşük sonucu açıklıyordu. Jacobs bu tarz bir kapana kısılmayı, Davis'in temizleyici akışkanına benzeyen sıvı hidrokarbonların uğradığı zayıf polimerizasyon yoluyla açıklayan olası bir mekanizma önerdi. Önceki tüm denemelerin bu olasılığı gözardı ettiği düşüncesinden de hiç vazgeçmedi.

Jacobs'un kaygıları Davis'in yapmak zorunda olduğu kalibrasyon türündeki deneylerin mantığı yüzünden, her zaman için gündeme getirilebilirdi. Kalibrasyon denemeleri, doğaları gereği, gerçek deney ya-

pıldığı zaman olacaklarla karşılaştırıldığında farklılıklar içerir. Örneğin Davis'in kullandığı kalibrasyon, nötrino etkileşimi sonucunda oluşan atomlara değil, hazır argon atomlarına dayanıyordu. Argon atomları hızlı nötron bombardımanı ile bilerek oluşturulduğunda bile, tepkime zincirleri, güneşten gelen nötrinoların uğramış oldukları tepkimelerden oldukça farklıydı. Kalibrasyon ile deneyin kendisi arasında farklılık her zaman vardır. Biraz zorlama ile de olsa bu tür farklılıklar önemsiz sayılacak kadar küçük göründüğünde, kalibrasyon mümkün olduğunca gerçek durumu sağlar, ancak 'küçük görünme' duruma göre değişen bir olgudur.

Deneyler arasındaki farklılıklar, bu kitabın diğer bölümlerinde gördüğümüz gibi, kuşkuya dayanak oluştururlar. Bu çeşit kuşkuların ortaya atılıp atılmaması, bir bilimadamının bu tür farklılıkları önemsiz sayan geleneksel yaklaşıma karşı çıkmaya ne kadar hazırlıklı olduğuna bağlıdır. Jacobs, gördüğümüz gibi, bu yaklaşıma meydan okumaya hazırdı ve ona göre farklılıklar, arasından kendisinin -kapana kısılmış argon- hipotezinin sızabileceği bir çatlak oluşturuyorlardı.

Bu kapan hipotezini safdışı bıraktığına yaygın olarak inanılan karmaşık bir deney vardı ve Davis en sonunda bu deneyi başarıyla gerçekleştirdi. Jacobs'un bunu da sorgulayıp sorgulamadığını bilemiyoruz, çünkü üniversitede kalıcı bir pozisyon elde etmeyi başaramadı ve bilimi hepten bıraktı. Konu böylece kapandıysa da, keşke Jacobs kadar kararlı başka biri daha sahneye çıksaydı demekten kendimizi alamıyoruz.

Probleme Çözüm Önerileri

Radyokimya bir yana, Davis'in sonuçlarının yarattığı en sarsıcı tepki, nötrino akısı öngörülerinin temeli olan nükleer fizik, astrofizik ve nötrino fiziğindeki bir dizi karmaşık varsayımın sorgulanması oldu. 1978 yılına gelindiğinde solar-nötrino problemine çözüm öneren 400'ün üzerinde makale yayınlanmıştı. Belki de üzerinde en çok kafa yorulan çözüm önerileri, bekleneceği üzere, astrofizikten geldi. Davis'in saptamaya çalıştığı nötrinoların ısıya alışılmışın ötesinde duyarlı

olduklarına daha önce değinmiştik ve çoğu çözüm önerisi, güneşin merkezindeki sıcaklığı düşürecek şekilde, solar modelde değişiklikler içeriyordu. Örneğin güneşin dışındaki daha soğuk bir maddenin dev bir kazan gibi kaynamakta olan sıcak çekirdeğe karışması nötrino akısını azaltacaktı. Belki de güneşe, geçmişinde bir zaman, başka bir gök cismiyle çarpışması sonucunda ağır elementler karışmıştı ve böylece nötrino akısında bir azalma meydana gelmişti. Nükleer fizikte, tepkime hızlarının düşük enerjilere ekstrapolasyon yolu ile uyarlanmasının çok sağlıklı olmadığı ortaya atılmıştır. Çözüm olmaya en güçlü adaylardan biri 'nötrino salınımı' idi. Davis'in sonuçları yıllarca istikrarlı bir şekilde en iyi kuramsal öngörünün üçte biri daha azı değerler civarında seyretti. Davis'in deneyinin üç çeşit nötrinodan yalnızca bir tanesine duyarlı olmasından yola çıkarak şu önerildi: Nötrinolar, güneşte tek bir halde ortaya çıkarlar, ancak dünyaya yaptıkları uzun yolculuk sırasında üç değişik hal (state) arasında salınırlar ve Davis de beklediğinin ancak üçte biri kadar büyüklükte bir sinyal yakalar.!

Güneşin aslında hidrojen yakmadığını ya da nötrino-klor etkileşimini açıklayan zayıf etkileşim kuramı gibi temel bir kuramın hatalı olduğunu öne süren bazı çok tuhaf çözümler ortaya atıldı. Çoğu çözüm önerisi, yanlışlanmamış ve dikkate alınmamış olarak öylece bilim literatürüne geçti. Diğerleri ise titizlikle incelendi ve çeşitli nedenlerle reddedildi. Bu tür çözüm önerilerini hepten safdışı bırakmak çoğu durumda kolay değildi ve bilimadamları bunlar için *ad-hoc* (belli bir sonuca varmak için özellikle tasarlanmış) ya da "estetik olarak itici" gibi nitelemelere başvurmak zorunda kaldılar. Sonuç olarak, çözümlerin hiçbiri henüz evrensel olarak kabul edilmedi. Öte yandan yıldız evrim kuramı ayakta kalmayı başardı. Solar-nötrino deneylerinden elde edilen sonuç -şimdilik bir kenara konması gereken- bir anomali olarak görüldü.

Bilimin Doğası İçine Bir Keşif

Henüz hiçbir cüretkar açıklama solar-nötrino probleminin çözümü olarak geniş kabul görmediyse de, bu tür çıkışlar bilimin en sağlam kurulmuş alanlarının bile arkasındaki belirsizlik ve kuşkular dünyasını

gözler önüne sermesi açısından ilginçtir. 1967'den önce, solar-nötrino saptanması projesi kuramsal ve deneysel varsayımlardan oluşturulmuş sağlam bir yapıya dayanıyor gibi görünüyordu - en azından, büyük miktarda paranın ve bilimsel zamanın bu işe adanmasını sağlayacak kadar sağlamdı. Hiç kuşku yok ki, kabul görmüş bir çözüme ulaşılır ulaşılmaz şu anki tüm belirsizlikler silinecek ve bilimadamları yeniden bilimin bu alanlarına sonsuz güven duyacaklar. Şu anda yapılmayan- yeniden yeniden yapılacaktır.

Olanlar üzerine düşünmenin bir yolu Ray Davis'in elde ettiği sonucu, bilimin doğası içine bir keşif saymaktır. Davis'in elde ettiği sonuç, doğruluğundan kuşku duyulmayan düşünce ve edimleri sanki belirsizliğin bıçağıyla derinlemesine keser gibidir. Bir an için, bilimadamları düşünülmeyeni düşünebilmiş, keşfedilmeyeni keşfedebilmiş, normal bilimin zincirlerinden kurtulabilmiş ve "ya böyleyse?" diye sormayı akıl edebilmişlerdir. Ancak her öneriyi ciddiye alırsak, o zaman doğruluğundan kuşku duymadığımız hemen hemen herşeyi tehlikeye atmış oluruz. Böylesi bir dünyada, güneş artık nükleer füzyonu enerji kaynağı olarak kullanmıyor; nötrinolar salınıyor, bozuluyor ya da güneşte kalıyor; güneş buzul çağlarıyla ilişkili olan karışma süreçlerine uğruyor; argon kapana kısılıp kalıyor; zayıf etkileşim kuramı işe yaramaz oluyordu.

Bilimsel kültürün şekilden şekile giren dünyasında bu düşünce deneyini bize sağladığı için Ray Davis'e teşekkür borçluyuz. Doğal olarak, 'ya böyleyse' tarzında yapılan bilim, alışılmışa ters düşer; kuşkusuz ki sıradan bilimde bir milyon çiçek hep birden açmaz. Solar-nötrino probleminin bize bıraktığı bilmece şudur: eğer bilimadamları bazı durumlarda düşünülmeyeni düşünebiliyorlarsa, onları her zaman böyle yapmaktan alıkoyan nedir? Eğer bunun yanıtı kural tanımaz Doğa'da değilse -ki bu kitap boyunca Doğa'nın bizim düşündüğümüzden çok daha az kısıtlama koyduğunu önermekteyiz- geriye yanıt olarak bir tek bilimsel kültür kalıyor. Bilimin işlemesi bir şekilde gerçekleşir ve bu Doğa'nın koyduğu mutlak kısıtlamalar yüzünden değil, biz bilimimizi bu şekilde yaptığımız için böyledir.

1992'deki Son Duruma İlişkin Açıklama

Solar-nötrino problemini çözüme ulaştırma çabaları hala sürüyor! İki tane ikinci kuşak deneyden sonuçlar alınmış durumda: SAGE (Sovyet-Amerikan Galyum Deneyi) Kafkasya'nın kuzeyinde bir dağın altına yerleştirilmiş 30 ton saf galyum metali içeren bir dedektör gerçekleştirilirken, GALLEX uluslararası işbirliği ile İtalya'da Apennine Dağlarının altına yerleştirilmiş galyum klorür ile doldurulmuş kocaman bir tank kullanıyor. Her iki deneyin de 124 ve 132 SNU arasında bir değer bulması bekleniyordu. GALLEX 83 SNU bulurken, SAGE yalnızca 20 SNU saptadı. GALLEX'in bulduğu sonucun standart solar modellerle bağdaştırılabilmesi bayağı bir zorlamayla sağlanabilir, ancak SAGE deneyinin bulduğu sonuç nötrino salınımı gibi daha radikal bir açıklama gerektiriyor. Bu çelişik sonuçlar, bazı bilimadamlarınca, galyum klorür dedektörü yerine saf galyum dedektörü çalıştırmanın zorluklarına bağlı olarak açıklanıyor. Tartışmalar böylece sürüp gidiyor!

Sonuç
Golemi İşe Koşmak

İleriye ve Geriye Bakış

Bilimin birçok sayfasını birer birer açarak inceledik; sadece Einstein, Newton, Pasteur gibi saygın bilimadamlarının çalışmalarını değil, Joseph Weber'in yüksek akılardaki kütleçekimsel dalgaları ile Ungar ve McConnell'in bellek aktarımı gibi kabul görmemiş konulara da değindik. Solar-nötrino problemi ve kamçı kuyruklu kertenkelelerin cinsel davranışı gibi incelediğimiz konulardan bazıları çözüme kavuşmamıştır. Bunlar bilimin yazılı gerçeklerine dönüşecekler midir, yoksa yok olup gidecekler midir? Bunu bekleyip göreceğiz, ancak yanıtı sadece deneylerde ve kuramlarda aramamamız gerekir.

"Yüksek" ve "düşük" bilimin her ikisini de inceleme konusu yapmamız bir rastlantı değildir. Bununla bilimin şaşaalı geçmişinde etkili olan güçlerin sayesinde yükselen bilimsel dağ sıralarını dengelemeye çalıştık. Bilimde nerelerden geldiğimizi görmek için geriye baktığımızda, ulaşılmaz zirveler olarak Newton, Pasteur ve Einstein dağlarını, yani doğrunun zirvelerini görüyoruz. İleriye baktığımızda ise düz bir arazi var. Geriye her dönüşümüzde dağların eteklerinde yeni tepeciklerin oluştuğunu farkediyoruz. Nedir bu yeni zirveler? Daha önce de orada mıydılar? Bilimin nasıl çalıştığını anlamamız için bu dağ ve tepeciklerin oluşmalarına nasıl neden olduğumuzu araştırmamız gere-

kir. Bunun için de galip gelen bilimi olduğu kadar, kaybeden bilimi de anlamamız gerekir. Yalnızca bu sayede dünün yasaklı dağları ile arkamızda henüz oluşmakta olanlara tırmanma cesaretine sahip olabiliriz. Bizim örnek-olay incelemelerimizin gösterdiği gibi, bilimsel keşiflerin bir mantığı yoktur. Ya da daha ziyade, eğer böyle bir mantık varsa, bu günlük yaşamın mantığıdır.

İnsan Hatası

Bilimi toplumdan ayırmak imkansızdır. İki ayrı dünyanın olduğu fikrini korumaya çalışmak, bilimin çoğumuza tanıdık gelen otoriter görüntüsünü oluşturmaktadır. Her iki dünyanın ayrı görünmesi nasıl gerçekleşmiştir?

Bilimde birşeyler yanlış gittiğinde bilim dünyası, birdenbire ortalarında beliren yabancı bir işgalciye karşı bir karınca yuvasının davrandığı gibi tepki gösterir. Karıncalar işgalcinin üzerine üşüşerek yuva için yaşamlarını feda ederler; bilime gelindiğinde ise feda edilenler insan yaşamlarıdır: Soruna yolaçan 'insan hata'sına sebep olanların yaşamları. Uzay gemisi insan hatasından dolayı infilak eder, Çernobil de aynı şekilde. İnsan hatasını bulmak kaza sonrası soruşturmalarının ana amacıdır. Bilimdeki durumla karşılaştırırsak, çıkardığımız sonuç insan "hata"sının tam da bilimin yüreğine isabet ettiğidir, çünkü bilimin yüreğini insan etkinliği oluşturur. İşler kötü gittiğinde bu, insan hatasından sakınamadığımızdan değil, insan ürünü bir işte işlerin hep yanlış gideceğindendir. Bilimadamlarından ve teknoloji bilimcilerinden artık insan olmamalarını dileyemeyiz, zaten sadece mitsel otomatlar, bilimadamlarının bizim onlardan beklememize yolaçtıkları kesinliği -ki bunların golemin yapabildikleriyle ilgisi yoktur- sağlayabilirler.

Şu anki durumda, giriş bölümünde de belirttiğimiz gibi, bilim hakkında iki türlü düşünce biçimine sahip olabiliriz; o ya hepten iyidir, ya da hepten kötü. Kararsız bir denge durumu - flip-flop bir düşünme tarzı - tam kesinlik sunması gereken bir bilim ile teknoloji modelinin kaçınılmaz sonucudur. Sorun flip-flop durumlarının herbirisinin korkul-

ması gereken durumlar olmasıdır. Birçok bilimadamı ve teknoloji bilimcisinin kibirli otorite sağlama çabaları saldırgan ve haksızdır, ancak verilen vaadlerin boşa çıkmasından doğan olası tepkiler, bundan daha da kötü bilim karşıtı bir hareket başlatabilirler. Bilimadamları daha az vaadetmelidirler, o zaman verdikleri sözleri tutmakta daha başarılı olabilirler. Onları hünerli insanlar olarak görelim: doğal dünyanın önünü açan en önde giden uzmanlar.

Bilimin Halk Tarafından Kavranması

Bu bakış ne gibi bir fark yaratabilir? İlk vurgulanması gereken nokta, eğer hala tam olarak anlaşılmadıysa, bunun bilim karşıtı bir tutum olmadığıdır. Bunun laboratuvarda işini yapan bilimadamlarının davranışına çok az etkisi olması gerekir. Bir anlamda toplumun bilimi nasıl gördüğünün bilimadamlarına bir yararı yoktur - sadece keşfetmeye yönelik kararlılığın itici gücünü zayıflatabilir. Bizim yeniden tanımlamalarımızın etkisi, yüksek prestijli bilimlerde işin yapılış tarzı olduğunu sandıkları şeyi taklit edenlerin bilimsel yöntemleri ve yeni yeşermekte olan bilim dallarını, yanlış bir ideale doğru gelişmelerini önlemek üzere ortadan kaldıracak kişi ve kuruluşlar üzerinde olmalıdır.

Sosyal bilimler öncelikle, içerdikleri deneysel psikoloji, nicel yöntemlere dayalı sosyoloji alanları, oldukça katı bir biçimde belirtilmiş hipotezleri ve lüzumundan fazla verinin sonu gelmeyen istatistiksel manipulasyonlarıyla, bu tür bilimsellikten zayıf düşmüş olmakla kötü ünlenmişlerdir.

Bundan başka, ki bu daha kaygı vericidir, doğa üstü ruhsal güçleri, telepati ve benzeri konuları konu edinen parapsikoloji gibi alışık olmadığımız bilimlerin halk tarafından hoş karşılanması, herkeste kıyıda köşede kalmış aykırı bilim dallarının güçlenmekte olduğuna ilişkin endişe yaratmaktadır. Bilimin yazılı yasaları arasında yeralmayan her türlü şeyi ayıklamayı, uygun bilimsel yöntem adına kendine iş edinmiş taraftarlarıyla, aykırı bilimlerin karşısında yeni bilimsel hareketler tü-

remiştir. Eğer bu çaba, kamuoyunu desteksiz savlar konusunda uyarmayı hedefliyorsa, bu takdir edilecek bir şeydir, ancak kendi kendine bunu iş edinmiş sözkonusu ihtiyatlılık (kollayıcılık) kendisini ilgilendirmeyen konulara el atmaya başlamıştır.

Geçenlerde İngiliz televizyonunda, kamuoyu bir sahne sihirbazının, Paris Enstitüsü'nün başında bulunan saygıdeğer bir bilimadamına, görüşlerinin gülünç olduğunu söylediğine tanık olmuştur. Bu saldırının asıl nedeni, profesörün yöntemlerinden ziyade, araştırması için kendine seçtiği konu (homeopati*) idi. Saldırı aracı ise, bilimsel yöntemin aslında olması gereken şey, yani idealize edilmiş versiyonu idi. Bilimsel yöntemi bildiklerine inananların kendilerinin, bilimin öncü dallarında pek seyrek olarak çalışma yapmış olmaları bir rastlantı değildir. "Uzaktan sazın sezi hoş gelir" şeklinde bir deyiş vardır, bu bilim için de geçerlidir. Kollayıcılık görevini üstlenen kuruluşların, bilim dünyasında sıradışı olanların hepsini silip yokedecek kadar güçlenmemeleri çok önemlidir. Kamuoyunu şarlatanlardan korumak görevleridir, ama bilimadamları onları, savaşı kendileri adına yürütmeleri için kullanmamalıdırlar. Eğer homeopati deneysel olarak kanıtlanamıyorsa, bunun neden böyle olduğunu göstermek, öncü araştırmanın risklerini bilen bilimadamlarının görevidir. Bu iş başkalarına bırakmak, bilimin belki de kendisini yokedecek başka bir tür goleme davet çıkarmaktır.

Bilim ve Vatandaş

Bilimin halk tarafından nasıl anlaşıldığı konusundaki tartışma, yöntem ve içerik üzerindeki kafa karışıklığı nedeniyle aynı şekilde bulanıklaşmıştır. Bu konuya ilişkin açıklanması gereken, bilimin yöntemleridir, ancak bu konuyla ilgili kişilerin halkın bilmesini istedikleri şey, doğa hakkındaki gerçeklerdir, diğer bir deyişle, doğaya ilişkin güçlülerin inandıklarıdır. Halkın bilimi kavrayışıyla ilgilenmenin övgüye değer nedeni, bilimsel ve teknolojik verilerin politika sahnesinde gittikçe daha çok boy göstermeleridir. Vatandaşlar oy kullanmaya gittiklerinde daha çok kömür madenleri mi yoksa daha çok nükleer sant-

raller mi, daha çok mısır mı yoksa daha temiz nehirler mi, daha fazla işkenceye maruz kalan hayvanlar mı, yoksa daha sağlıklı çocuklar mı istediği, ya da seçeneklerimizin gerçekten bunlar mı olduğu konusunda bir karara varabilmek için yeterince bilgilendirilmeyi isterler. Belki yeni çözümler de vardır: dalga gücü, organik tarım, hayvanlara eziyet çektirmeden yapılan ilaç araştırmaları. Halkın bilimi kavrayışını kendilerine konu edinmiş olanlar, sokaktaki adam (onun mahiyctini bileceğine) bilimin içeriğinden daha çok şey bilirse, bütün yukarıda söz edilen konular hakkında daha duyarlı kararlar alabileceğine inanıyorlarmış gibi görünmektedirler.

Böyle düşünüyor olmaları ne kadar garip değil mi? Bu çağımızın en büyük yanlışlıkları arasında yeralmaktadır. Neden? Çünkü tartışmanın her iki tarafında doktorlar ve profesörler yeralmaktadırlar. Argümanların çoğu üniversitelerde icat edilmiştir. Yani, her iki taraf da sokaktaki adamın umabileceğinin ötesinde bir uzmanlığa sahiptir ve konuyu açık ve anlaşılır bir şekilde, bariz hatalara düşmeden nasıl tartışacaklarını bilmektedirler. Bunca uzmanlığa karşın, bütün bu tartışmaların neden bir çözüme kavuşmadığını, bu kitabın açıklayıcı bölümlerinde göstermeye çalıştık. Yani, araştırma cephesinde yeralan bilimadamlarının görüş ayrılıklarını, daha iyi deneysel yöntemler, daha çok bilgi, daha gelişmiş kuramlar ya da daha berrak düşünmeyle gideremediklerini gösterdik. Normal insanlardan bundan iyisini beklemek gülünçtür.

Kamuoyu yorumcularıyla (public understanders), vatandaşların teknik konularda bir karara varabilmek için daha çok bilgilendirilmesi gerektiği konusunda aynı görüşteyiz. Ancak gerekli olan bilgi bilimin içeriği hakkında değil, uzmanların politikacılara, medyaya ve diğerlerine olan ilişkisi hakkındadır. Vatandaş, farklı görüş bildiren uzmanlarla nasıl başedeceği konusunda büyük bir tecrübeye sahiptir. Değişik partilerin yürüttüğü politika da böyle değil midir? Vatandaşın yapamayacağı şey, sanki başka bir şeymiş gibi davranan farklı farklı eksper-

---

***Hemeopatı** - Fazla miktarda verildiğinde bir hastalığı yaratacak olan maddeden azar azar vererek o hastalığı tedavi etme yöntemi.(Y.N.)

tizlerle başetmektir. "Kime inanmalı?" sorusunun yerini şimdi iki soru almıştır: "Kime inanmalı?" ve "Bilimadamları ve teknoloji bilimcileri Tanrı mı yoksa şarlatan mı?". Tartışmayı onca kararsız hale getiren ikinci sorudur, çünkü yukarıda tartıştığımız gibi yalnızca iki konum mevcuttur.

Bizim burada yapmaya çalıştığımız ikinci soruyu çözümlemek oldu: bilimadamları ne Tanrı ne de şarlatandır; sadece politika sahnesinde yeralan diğer birçokları gibi birer uzmandırlar. Onların pek tabii ki, kendilerine özel bir uzmanlık alanı vardır, ama bilgileri ekonomistler, sağlık politikasını oluşturanlar, polis memurları, avukatlar, hava durumu tahmincileri, seyahat acentası görevlileri, araba tamircileri ya da muslukçularinkinden daha kusursuz değildir. Bizim bunlarla uğraşmak için gereksinim duyduğumuz ekspertiz, günlük yaşamımızın oldukça gelişmiş olan ekspertizidir; bu bizim muslukçularla ve diğerleriyle uğraşırken kullandığımız ekspertizdir. Muslukçular kusursuz olmadıkları gibi -hatta kusursuz olmaktan çok uzaktırlar- toplum muslukçu karşıtları ile dolu da değildir. Çünkü muslukçu karşıtlığı bize uygun bir seçenek değildir. Bir seçenek değildir, çünkü karşı seçenek de - muslukçuluğu kusursuz olarak sunma- aynı şekilde yaygın değildir.

Bilim ve teknolojinin politik rolüne ilişkin halkın kavrayışını değiştirmek, bu kitabın en önemli amacıdır ve bu yüzden de bölümlerimizin çoğu bilimin içsel çalışmalarını konu edinmiştir.

Adli Bilim

Bilim ve politikanın karşılaştığı yer, burada geliştirilen bilim anlayışının gerektirdiklerinin bulunduğu tek yer değildir. Nerede bilimin eli bir başka kuruma değse, işler, bilimi kesin bir bilgiden çok bir ekspertiz olarak gördüğümüz zamanki gibi değişir. Bilimin hukukla buluştuğunda ne olacağını düşünün. Mahkeme salonunda bilimsel uzmanlar, şüphelinin suçunu veya masumluğunu belirleyecek olan kanıtlar sunuyorlar. Suç mahallinde bulunan saç teli, acaba şüphelinin başındaki ile aynı mıydı? Ortak olan kumaş lifleri var mıydı? Kurbanın üze-

rinde bulunan vücut sıvıları suçlanan kişiden gelmiş olabilir mi, ya da başka birinden gelme olasılığı nedir? Suçlanan kişi son zamanlarda elleriyle patlayıcılara dokundu mu? Bu kitabın yazıldığı sıralarda İngiliz hukuk sistemi, İrlanda Kurtuluş Ordusu (IRA)'dan kaynaklanan bombalama eylemleri davalarında verilen bozulmuş kararlar yüzünden sarsılıyordu. Kadın erkek birçok insan, sırf suçlanmalarını sağlayan 'kanıtlar'ın sağlam olup olmadıklarının henüz anlaşılmamış olması nedeniyle yıllarca tutuklu kalmışlardır. En önemli kanıt da, bu gibi durumlarda hep olduğu gibi, suçlanan kişinin kısa süre önce nitrogliserin ellemiş olduğunu, ellerindeki kalıcı izlere bakarak savlayan adli tıp testleriydi. Sorun, bugün ortaya çıktığı gibi, testin hatasız olmamasındadır.

Oyun kağıtları gibi başka nesneler de nitrogliserine benzer maddelerden yapılmışlardır ve bu nesneleri elleyenlerde olumlu test sonuçları alınabilir. Davalarla ilgilenen adli tıp uzmanları, ne diğer hatalı olumlu sonuç olasılıklarını bildirmişler, ne de bunların oluşma olasılıklarından bahsetmişlerdi. İngiliz adli tıp uzmanlığı, gerçekte tüm hukuk sistemi, yargının bu hataları nedeniyle güvenilirliklerini kaybetmişlerdi. Daha da kötüsü, belki de birçok masum yurttaş adil olmayan yargılamalar yüzünden yıllarca acı çekmişti.

Burada sunulan yöntemin analizini, bilimin alışılagelmiş görüntüsüyle karşılaştırırsak, bu felaketin nasıl oluştuğuna ilişkin bir fikrimiz olabilir. Bilimin kesinlik sunduğu düşünüldüğü sürece, bilimsel kanıtları diğer adli kanıtlarla aynı şekilde değerlendirmek uygun görünmemektedir ve işte bu yüzden de, bir kez daha görüş ayrılığının insan hatasına bağlanması şarttır. Ancak suçu üstlenecek olanlar, adli kanıtın kaynaklandığı kuruluşlardır. Sorun, kanıtın iki versiyonunun olması gerektiğinin farkedilmemiş olmasıdır: bir savunma versiyonu, bir de iddia makamı versiyonu. İngiliz Adliye'sinde, genellikle yalnızca Yerel Savcılık (Home Office) bilimadamlarını ve bilimsel sonuçları sağlayan taraftır. Tarafsız gibi görünen sonuçlarını, savunma tarafının ayrıntılı bir incelemesinden geçmeden mahkemeye sunarlar. Bilimsel kanıtlar tarafsız olmalıdır, öyleyse alternatif bir görüş gereksizdir, zaten her ikisinin de aynı sonuçlara varması kaçınılmazdır! (Diğer bir deyiş-

le, bilimadamlarının birşeyleri temsil ettiği değil, sadece sundukları düşünülür.) Fakat, bombalama skandallarında gördüğümüz gibi tartışmalı adli kanıtlar, aynı herhangi bir yerdeki tartışmalı bilimsel kanıtlar gibidir; bu kitapta anlatmaya çalıştığımız bilim gibidir. Tartışmalıdır.

Adli tıbbın tartışmalı hale gelmesi, bize bilimin artık adli duruşmalara hızlı çözümler getirmemesine malolacaktır. Hukuk sorumluluğunu bilim uzmanlarına devretmek yerine, bilim uzmanları tartışmalı bir davanın yalnızca bir tarafı olacaklardır. Fakat bu olması icap etmektedir ve başka türlü olması hakça değildir. Bunun yanısıra, eğer bilimsel kanıtlar, diğer tür kanıtlar gibi tartışmaya açıksa, yanlışlığı ortaya çıkmış bir kesinliğin utancına da düşemezler.

İlginçtir, Amerikan hukuk sisteminde işler diğer yönde lüzumundan fazla ileri gitmiştir. Becerikli bir avukatın elinde, herhangi bir adli kanıt didik didik edilebilir. Hatta çoğunlukla adli kanıtların hiçbir ağırlığı yoktur, çünkü avukatlar, bilimsel kanıtların herbirinin en küçük ayrıntısını inceden inceye araştıran "uzman tanıklar" bulmakta fazlasıyla ustalaşmışlardır. Bilime olan yeni bakış tarzı burada da olanlara ışık tutmaktadır.

Herşeyden önce, herbir kanıtın incelenip şüphe altında tutulmasından dolayı şaşırmamalıyız, bu, bilime olan yeni bakış tarzımız nedeniyle bizim ummamız gereken birşeydir. Bu bir tarafın bilimsel gerçekleri idrak ederken, diğerinin yanlışlığa düşmüş olmasıyla ilgili değildir. Kanıtlar konusundaki şüpheler her zaman dile getirilebilir. Fakat bundan, adli kanıtların hiçbir ağırlığının olmaması sonucunu çıkarmamalıyız. Adli kanıtların değerini yargılarken, uzmanlar arasındaki herhangi bir anlaşmazlığı yargılarken kullandığımız normal kuralları uygulamalıyız. Örneğin, bazı uzmanların diğerlerinden daha fazla inanılırlığı olacaktır, bazılarınsa hiçbir inanılırlıkları olmayacaktır. Amerikan hukuk sisteminde olageldiği gibi, bilime yeni bakış tarzından yalnızca tek bir ders çıkarılmış gibi görünmektedir. Bilimadamlarının aralarında görüş ayrılıkları olması ve deneylerle gözlemin yalnız başına işleri çözüme kavuşturamaması, bilimadamlarının görüş birliğine ulaşamayacakları anlamına gelmez. Bir düşünün: kütleçekimsel

dalgalar doğaya ait gerçekler değildir, ama öte yandan yıldızlardan gelen ışığın güneş tarafından saptırılması bir gerçektir.

Amerikan hukuk düzeninde düşünülmesi gereken şey, bilimadamlarının inandırıcılığının kaybolması nedeniyle, şimdi tartışmaya nasıl son verilmesi gerektiğidir. Uzman olmayan seslerin etkisinin, uzman seslerinkiler kadar olmaması için, mekanizmaların bulunması gerekecektir. Bu, pek tabii ki, ekspertizin para karşılığında belli çıkar çevrelerinin kullanımına açık olmasından dolayı pek kolay olmayacaktır. Fakat bu tür sorunları çözmek, politik ve kurumsal dünyanın işlerinden biridir. Besin ve İlaç İdaresi, Çevre Koruma Kurumu ve Amerikan hukuk sisteminin tamamı gibi Amerikan devlet kurumları, ancak eğer bilimin uzmanlar arasında görüş birliği üreterek çalıştığını anlayabilirlerse, inanılırlıklarını sürdüreceklerdir. Herkesin konuşmasına izin vermek, yalnızca tek bir grubun konuşmasına izin vermek kadar kötüdür. hatta konuşacak hiç kimsenin olmaması kadar kötüdür.

Adli kanıtlar konusundaki sorun, bütün tartışmanın bir küçük örneği gibi görülebilir. Bilimde gereğinden fazla iddialı olmak, kabul edilemez tepkileri davet eder. Mümkün olanı iddia etmek ise, bilimsel ekspertize, kararsız olmayan bir biçimde ve aynı diğer bir toplumsal kurumda olduğu kadar değer verilmesi ya da güven duyulmaması, ondan yararlanılması ya da gözardı edilmesi demektir.

Kamu Soruşturmaları

Eğer bu yeni analizi, bilimin elinin değdiği her kurum için devreye sokarsak, o zaman daha yararlı bir anlayış doğacaktır. Eğer yeni bir nükleer santralin yapımı konusunda bir kamu araştırması açılmışsa ne olur? Bir tarafta bir kazanın gerçekleşme olasılığını ihmal edilebilir düzeye indirmiş gibi görünen karmaşık hesaplamalar üreten uzmanlar bulunur. Diğer tarafta ise, riskin hayal edilemeyecek kadar yüksek olduğunu düşünen uzmanlar vardır. Bunlardan yalnızca birini seçmemiz gerekmektedir. Yarıresmi kurumlar ya da Federal Kuruluşlar uzmanların sunduğu kanıtları inceleyip eleyebilirler, ancak en sonunda vatan-

daşın her iki tarafı dinleyip, tıpkı bir ev satın alınırken karar vermesi gibi bir karara varmaktan başka çaresi yoktur. İnsanın hata yapmadığından emin olmasının bir yolu bulunmamaktadır.

Deneyler veya Kamu Nezdindeki Gösteriler

Federal Havacılık Dairesi kerosenin havacılık için güvenli bir yakıt olup olmadığını bulmak üzere bu yakıtla dolu bir uçağı düşürdüğünde, ya da İngiltere demiryolları nükleer yakıtın kaza anında tehlike oluşturup oluşturmayacağını bulmak için bir treni nükleer yakıt deposuna çarptırdığında bilim yapmıyorlardı. Gerçek bilimdeki deneyler çok seyrek olarak kesin sonuçlar üretirler -ki bunu şimdiye değin gösterdik. Bu kuruluşların yaptığı politik bir tartışmayı çözüme kavuşturmaya kalkışan 'gösterilere' girişmekti. Bilimin bu tür gösterilerdeki rolü, tek yanlı İngiliz hukuk sisteminde olduğu kadar kuşkuludur.

En azından, bu tür bir sınamanın bir yorumu, tek çıkar yol olarak sunulmaya kalkışıldığında şüphelenmeliyiz. Değişik çıkar çevrelerinden kaynaklanan yorumları dinlemeliyiz ve bu grupların herbirinin, sınamanın gerçekleştirilmesi sırasındaki denetimlerinden ve çıkan sonucun anlamından memnun olduklarından emin olmalıyız. Eğer bunda anlaşamıyorlarsa, onların şikayetlerinin mahiyetlerine dikkat etmeliyiz.

Televizyondaki Bilim

Bilimden televizyonda sözedildiğinde, ima edilen bilim modeline dikkat edin. Bizim burada bahsettiklerimize yaklaşan bir televizyon programı, "Z" temel parçaçığını bulan CERN ekibinin denemeleri ve sıkıntıları hakkında bilgi veriyordu. Program kullanılan aletin bozukluğundan, işin başındaki yanlışlıklardan ve aleti yeni baştan kurmalarından, ilk sonuçlara eşlik eden belirsizliklerden, birşeylerin görülmüş olduğuna kesinlik kazandırma amaçlı istatistiksel hesaplamalardan, ekipte yeralanların kafalarındaki derin kuşkulara karşın ekip yöneticisinin kamuoyuna açıklama yapma kararını almasından ve sonra keşfin

tüm dünyaya açıklandığı basın toplantısından sözediyordu. Herşey çok güzel anlatılmıştı, ama sunucunun en son sözleri oyunu eleverdi. Program, kendinden emin bir ironiyi içerecek biçimde "Geneva Olayı" adını taşıyordu ve sunucu buna Faraday deneylerinden bu yana en büyük keşif olarak bakıyordu. Burada bile, o sıralar, karışıklıkların iletilen mesaj içerisinde yeralmasına izin verilmemişti. En sonunda gösterilen yine zafer merasimleriydi. TV programlarından pek azı, bu sayfalarda betimlenen bilim tablosunu sunar.

Kaza Soruşturmaları

Uzay aracı felaketinde olduğu gibi, eğer kazalardan sonra yürütülen resmi soruşturmalar sonucunda insan hatasından başka hiçbirşey bulunamıyorsa, dikkat etmek gerekir. İnsan hatası bulup çıkarmak, suçu bilimin dışındaki birşeye yüklemektir. İçerideki birşeye suçu yüklemek daha iyi olurdu -ki suçlananlar (aynı zamanda suçlanmayacak olanlar da) tabii ki yine insanlar olacaktı. Kimse kusursuz değildir. Kader gününün sabahı donmuş uzay aracının uçmasına izin veren resmi görevliler, eğer her kalkış sırasında kendilerine yapılan uyarıları dinlemiş olsalardı, araç hiçbir zaman uçmayacaktı. Bilim ve teknoloji özleri itibariyle risk taşırlar. Eğer kaza sorumluluğu belli kimselere yüklenecekse, bu aynı politik sorumluluğun yüklendiği gibi yapılmalıdır; politikada sorumluluk hata demek değildir. Emin olabiliriz ki, bizleri bekleyen birçok kaza daha vardır ve daha çok insanın yaşamına malolacaktır, ancak bizim buna karşı yapabileceğimiz birşey yoktur.

Bilim Eğitimi

En sonunda okullardaki bilim eğitimine geldik. Bilimin içeriğinden haberdar olmak iyidir -bizlere araba tamiri, prizin bağlanması, model uçak yapımı, kişisel bilgisayarların kullanımı, sufleyi fırında nereye koymamız gerektiği, elektrik, gaz, benzin faturalarının nasıl azaltılabileceği, bir yaranın mikroplardan arındırılması, tencerenin onarılması, kendimizi havaya uçurmadan gazlı ocak kullanımı gibi bir sürü şeyi

yapabilmemizi sağlar. Profesyonel bilimsel araştırmacı olacak o küçük oran için, bilimin içeriğinin bilgisi aynı bugün olduğu gibi katı ve derinlemesine ve belki de tek yönlü olmaya devam etmelidir. Fakat gelecekteki teknoloji toplumunun vatandaşları olan çocuklarımızın çoğunluğu için, bir başka ve daha kolay bir ders vardır.

Çocukların hep beraber aynı deneyi gerçekleştirdiği her okul sınıfı, öncü bilimin küçük bir örneği gibidir. Doğal dünyayla bu tür çok yönlü bir karşılaşma kendi başına, içinde bir sosyoloji deneyini de barındırır. Ne olduğunu bir düşünün: Öğretmen sınıfa, bir beherin içine termometre sokup su sabit bir şekilde kaynamaya başladığında derecesini okuyarak, suyun kaynama noktasını bulmalarını söylüyor. Tek birşey kesindir. Hemen hemen hiçbir öğrenci önceden doğru yanıtı bilmiyorsa ve öğretmenini memnun etmek gibi bir amacı yoksa, 100 C sonucunu bulamayacaktır. Skip 102 C, Tania 105 C, Johnny 99,5 C, Mary 100 C, Zonker 54 C sonucuna ulaşırken, Brian bir sonuç elde etmeyi başaramayacak, Smudger beheri kurutup, termometreyi patlatacaktır. Deneyin bitmesine 10 dakika kala öğretmen sonuçları toplayacak ve "sosyal mühendisliği" başlatacaktır. Sıcaklığı okuduğunda Skip'in termometresi, süper ısınmış bir kabarcığın içindeydi, Tania'nın kullandığı suda birtakım saflığı bozucu maddeler vardı, Johnny'nin suyu tam kaynama noktasına ulaşmamıştı, Mary'nin sonucu deniz seviyesinin üzerindeki hafif basınç değişikliğinin etkisini yansıtıyordu. Zonker, Brian ve Smudger ise henüz tam yetkin araştırmacı bilimadamları statüsüne erişmemişlerdi. En sonunda her çocuk, deneylerin suyun 100 C'de kaynadığını kanıtladığını, ya da en azından tam eğitimli personeli ve kusursuz aygıtlara sahip gelişkin bilim ve teknoloji dünyasını etkilemeyen birkaç yerel zorluk sözkonusu olmasıydı, pekala kanıtlayacağını düşünecekti.

O on dakikalık, gerçekte ne olduğu üzerindeki tartışma oldukça önemlidir. Eğer öğretmenler ve sınıflardaki öğrenciler, arasıra o on dakikada neler olduğunu durup düşünselerdi, bilim sosyolojisi üzerine bilinmesi gereken şeylerin çoğunu öğrenebilirlerdi. O on dakika, profesyonel öncü araştırmanın inceliklerini, gayet düzenli, öngörülebilir

sonuçları olan herhangi bir üniversite veya ticari laboratuvardan daha iyi gösterir. Eddington, Michelson, Morley, Weber, Davis, Fleischman, Pons, Jones, McConnell, Ungar, Crews, Pasteur ve Pouchet, isimlerinin başlarında doktor ünvanı olan, temiz beyaz önlüklü Skip, Tania, Johnny, Mary, Zonker, Brian ve Smudger'lardan başkaları değillerdir. Hepsi de birbirinden çok farklı sonuçlara vardılar. Aynı öğretmenin yaptığı gibi ortada dolaşıp, açıklamalar yapan ve uzlaştırmaya çalışan kuramcılar vardır. En nihayet Bilim Golem'in kaba saba, eski ama değerli kalıntılarını, temiz ve düzenli bilimsel söylencelere çeviren ve karmaşıklığa bir düzen getiren yine bilim dünyası (yoksa başöğretmen mi demeliyiz?) 'dır. Bunda bir yanlışlık yoktur, tek yanlışlık bunun hep böyle olduğunu bilmemektir.

Kaynakça ve Okunması Sağlık Verilen Kitaplar

Atkinson,P. ve Delamond, s. (1977) 'Mock-ups and Cock-ups:the stage management of guided discovery instruction', p. woods, ve m. hammersley *'school Experience Explorations in the Sociology of Education'*, London: Croom Helm

Bennett, E.L. ve Calvin, M. (1964) ' failure to train planarians reliably', *Neurosciences Research Program Bulletin*, Temmuz-ağustos, 3-24

Bijker, W., Hughes, T.P. ve Pinch, T.J. (1987) (eds.) *The Social Construction of Technological Systems* Cambridge, mass.: MIT press

Bloor D. (1991) *Knowledge and Social Imagery*, 2.Baskı, Chicago ve Londra: University Of Chicago Press

Byrne, W.l., Samuel D., Bennett, E. L., Rosenzwieg, M. R., Wasserman, E., Wagner, A. R., Gardner, F., Galambos, R., Berger, B. D., Margoulis, D. L., Fenischel, R. L., Stein, L.,corson, J. A., Enesco, H. E., Chorever, S. L., Holt, C. E. III, Schiller, P. H., Chiapetta, L. Jarvik, M. E., Leaf, R. C., Dutcher, J. D., Horovitz, Z. P. ve Carlton, P. L. (1966), 'Memory Transfer', *Science*, 153, 658-9

Close F. (1991) *Too Hot to handel: The Race for Cold Fusion,* Princeton University Press

Collins, H. M. (1981) (ed.) *Knowledge and Controversy*; *Social Studies of Science* özel sayısı, II, No. I

Collins, H. M. (1985), *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, London ve Beverley Hills: Sage;Yeni bir sonsözle ikinci baskısı Chicago University Press, 1992

Collins H. M. (1990) *Artificial Experts: Social Knowledge and Intelligent Machines*, Cambridge, mass.: MIT Press

Collins, H. M. ve Pinch, T. J. (1982) *Frames of Meaning: the Social Construction of Extraordinary Science*, London: Routledge.

Collins, H. M. ve Shapin, S. (1989) 'Experiment, Science Teaching and the New history ve Sociology of Science', M. Shortland ve A. Warwick (eds.) *Teaching the History of Science*, London: Blackwell

Corning, W. C. ve Riccio, D. (1970) 'The Planarian Controversy', W. L. Byrne (ed.) *Molecular Approaches to Learning and Memory*, New York: Academic Press, pp. 107-49

Dubos, R. (1960) *Louis Pasteur: Free Lance of Science*, İngilizce Baskısı: New York: Charles Scribner's

Earman, J. ve Glymour, C. (1980) 'Relativity and Eclipses: The British Eclipse Expeditions of 1919 and their Predecessors', *Historical Studies in the Physical Sciences*, II (I), 49-85

Einstein, A. ve Infelt, L. (1938) *The Evalution of Physics: From Early Concepts to Relativity and Quanta*, New York: Simon and Schuster

Farley, J. ve Geison, G. L. (1974) 'Science Politics and Spontaneous Generation in Nineteenth-Century France: The Pasteur-Pouchet Debate', *Bulletin for the History of Medicine*, 48, 161-98. (Referans alman sayfa numaraları bu makalenin Collins'in, H. M. (1982) (ed.) *The Sociology of Scientific Knowledge: A sourcebook*, Bath University Press) eserinde basılmış versiyonundan alınmadır.

Fleck, L. (1979) *Genesis and Development of a Scientific Fact,* Chicago ve London: University of Chicago Press

Gieryn, T. (1992) 'The Ballad of Pons and Fleischmann: Experiment and Narrative in the (Un)Making of Cold Fusion', in Ernan McMullin (ed.) *The Social Dimensions of Science*, Notre Dame University Press

Goldstein, A. (1973) 'Comments on the "isolation Identification and Synthesis of a Specific-Behaviour-inducing Brain Pepdide"', *Nature*, 242, 60-2

Goldstein, A., Sheenan, P. ve Goldstein, P. (1971) 'Unsuccessful attempts to Transfer Morphine tolerance and passive avoidance by brain Extracts', *Nature*, 233, 126-9

Gooding, D., Pinch, T. ve Schaffer, S. (1989) *The Uses of Experiments*, Cambridge University Press

Haraway, D. (1989) *Primate visions: gender, race, and nature in the World of Modern Science*, London ve New York, Routledge

Hawking, S. (1988) *A Brief History of time: From the Big bang to Black Holes*, Bantam books

Jasanoff, S. (1991) *The fifth Branch,* Cambridge, MA: Harvard University Press

Kuhn, T. S. (1972) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago press

Latour, B. (1984) *Science in Action*, Milton Keynes ve Cambridge, Mass.: Open University Press ve Harvard University Press

Latour, B. ve Woolgar, S. (1979) *Laboratory Life*, London ve Beverley Hills: Sage

Lewenstein, B. (1992) 'Cold Fusion and Hot History', *Osiris,* 7 (in press)

Mallove, E. (1991) *Fire From Ice: Searching For The Truth Be-*

hind The Cold Fusion Furore, New York:John Wiley

McConnell, J. V. (1962) 'Memory Transfer trough Cannibalism in Planarians', *Journal of Neurophysiology*, 3, 42-8

McConnell, J. V. (1965) 'Failure to interpret Planarian Data Correctly: A Reply to Bennett and Calvin', yayınlanmamış elyazması, ann Harbor: University of Michigan

Miller, D. C. (1933) 'The Ether Drift Experiment and the Determination of the Absolute Motion of the earth', *Reviews of Modern Phvsics*. 5.203-42

Myers, G. (1990) *Writing Biology: Texts in the Social Construction of Scientific Knowledge*, Madison: University of Wisconsin Press

Pickering, A. (1984) Constructing Quarks, Chicago University: University of Chicago Press

Pinch, T. J. (1986) *Confronting Nature: The Sociology of Solar-Neutrino Detection*, Dordrecht: Reidel

Richards, E. (1991) *Vitamin C and Cancer: Medicine or Politics*, London: Macmillan

Shapin, S. ve Schafer, S. (1985) *Leviathan and the Air-pump: Hobbes, Boyle and Experimental Life*, Princeton University Press

Swenson, L. S. (1972) *The Ethereal Aether: A History of the Michelson-Morley-Miller Aether-Drift Experiments 1880-1930*, Austin ve London: University of Texas Press

Travis, G. D. L. 'Memories and Molecules: A Sociologial of the Memory Transfer Phenomenon', Doktora Tezi, University of Bath, 1987

Ungar, G. (1973) 'The Problem of Molecular Coding of Neural Information: A Critical Review', *Naturwissenschaften*, 60, 307-12

Ungar, G., Desiderio, D. M., ve Parr, W. (1972) 'Isolation, Identification and synthesis of a specific-behaviour-inducing Brain Peptide. *Nature*, 238, 198-202

Von Kluber, H. (1960) 'The Determination of Einstein's Light-deflection in the Gravitational Field of the Sun', *Vistas of Astronomy*, 3, 47-77

Bilim ne bütünüyle iyi ne de bütünüyle kötüdür. Nükleer kazalara ya da hastalıkların sağaltılmasına, daha iyi beslenmemizi sağlayacak tarımsal gelişmelere ya da uzay uçuşlarında ölümlere neden olan hep bilimdir. Harry Collins ve Trevor Pinch, bilimi GOLEM'e benzetmektedirler. Golem Yahudi mitolojisinde ne zaman ne yapacağı belli olmayan olağanüstü gücü nedeniyle potansiyel bir tehlike oluşturan ama aynı zamanda nazik, sevecen, yardımsever bir yaratıktır. Yazarlar izafiyetten soğuk füzyona, solucanların hafızasından dinazorların seks yaşamına bir dizi ilginç bilimsel olayı inceleyerek, bilimin doğrudan kuramsallaştırma, gözlem ve deneyselliğin sonucu olduğu düşüncesinin maskesini indiriyor. Daha doğrusu yazarlar, bilimsel kesinliğin doğmasının bilimcilerin muğlak sonuçları kendilerinin koyduğu bir düzen içinde yorumlamalarıyla gerçekleştiğini öne sürmektedirler. Bu yaklaşım okuyucuya toplumda bilimin yeri konusunda yeni bir açılım getirecektir.

GOLEM

Bilim Hakkında Bilmemiz Gereken Her Şey

ISBN 975-7380-80-6

9 789757 380801